

LA ANATOMÍA COMO CIENCIA

1 INTRODUCCIÓN

El vocablo Anatomía tiene su raíz etimológica en la palabra griega "***Anatemnein***" que quiere decir cortar sucesivamente. Así los estudios que supusieron el nacimiento de la Anatomía como Ciencia se basaron en descripciones minuciosas de la disposición de las estructuras en el organismo tras practicar cortes de cadáveres. En esta Anatomía incipiente no se contemplaba ni la relación entre las distintas formas ni su carácter variable. El sucesivo avance de la Anatomía supuso el paso de esta fase meramente descriptiva del ser vivo, al intento de comprender y explicar sus formas y las relaciones entre éstas, integrando en este conocimiento las transformaciones que van sufriendo a lo largo de su existencia y sus motivos. En definitiva busca leyes generales que gobiernen las generación, modificación y mantenimiento de las formas.

La Anatomía pretende entender por completo la forma y constitución del hombre desde el principio de su existencia, incluyendo un criterio dinámico que considera a las formas como integrantes de un ser vivo en el cual desempeñan una función. Esta concepción dinámica de la Anatomía queda totalmente plasmada por Braus cuando utiliza los términos "comprender la forma del cuerpo vivo" o por Benninghof cuando se plantea "entender por completo la forma y constitución del organismo vivo". Por ello, no puede hoy mantenerse una definición tan sencilla como la etimológica. La Anatomía es una ciencia experimental que debe ser considerada como una parte de la **Morfología**, término introducido por Goethe para designar la ciencia rama de la Biología, que se ocupa del "estudio de la imagen, formación y transformación del cuerpo orgánico" (Opitz. 2004). Por tanto evocando las ideas de Prives y Lisenkov podemos definir la Anatomía Humana como la **rama de la Morfología que estudia la figura y estructura del cuerpo humano vivo, e investiga las leyes que rigen el desarrollo de sus formas, en relación con sus funciones y con el medio ambiente del organismo**.

En este punto se hace necesario establecer lo que significa la forma para la Anatomía. En las ciencias morfológicas la **Forma** comprende los conceptos de **Estructura** y **Figura**, entendiendo la primera como la organización compleja del ser vivo en distintos elementos o sistemas interrelacionados entre sí, mientras que

la segunda hace referencia al contorno espacial de las partes constituyentes del individuo o del individuo completo. Las formas lógicamente no son algo fortuito producto del capricho de la evolución y eso es algo que debe estar siempre latente en las tareas de estudio y entendimiento de esta doctrina. Podemos decir que las **Estructuras** se rigen por un **Orden** que determina las **Formas** todo ello siempre al servicio de la **Función**. Así por ejemplo en el ser humano el dedo pulgar es proporcionalmente mucho mayor que en otros primates, lo que unido a su mayor movilidad con respecto a los otros cuatro dedos, (gracias un metacarpiano rotado unos noventa grados con respecto demás, dispuesto en una articulación con el carpo en silla de montar diferente también a las planas de los demás) y la presencia de músculos específicos, hace que este dedo pueda moverse por delante de los otros cuatro e incluso contactar con sus pulpejos. Es decir, la estructura del dedo pulgar se ordena de tal manera en el ser humano que permite el movimiento de pinza que tanta relevancia e implicación ha tenido para la evolución y el desarrollo tecnológico del hombre.

El concepto de Forma es un concepto teórico cuando nos referimos a un organismo vivo ya que tal y como ya expuso Bergson, las formas en un organismo vivo se encuentran sometidas a constante cambio, bien sea por el paso del tiempo o a causa del estado fisiológico. Por ello esta concepción abstracta de la forma nos lleva establecer otra imagen teórica absolutamente necesaria para el desarrollo de la Anatomía, el **Tipo Humano**. Un aspecto importante de la Anatomía es que pretende describir la morfología del cuerpo humano generando una imagen válida para la totalidad de la especie humana, lo cual consigue a través de la abstracción de la morfología concreta de los individuos. El tipo humano es un individuo teórico cuya figura y estructura responde a la media estadística de todos los seres humanos sin que tengan que coincidir con la de ninguna de ellos en concreto. La abstracción del cuerpo humano a un modelo válido para todos los individuos de la especie separa claramente la Anatomía de la Antropología, ciencia que precisamente estudia las variaciones entre los distintos seres humanos siguiendo criterios culturales, sociales, de sexo, de raza, de edad, etc.

Las **Variaciones** no son más que discordancias entre el individuo concreto y el modelo anatómico establecido, siendo estos cambios predecibles

estadísticamente, es decir modificaciones que caen dentro de los límites de la desviación Standard de la media. Así encontraremos variaciones cualitativas, por ejemplo la sacralización de la quinta vértebra lumbar o la lumbarización del la primera sacra o la repartición de los territorios vasculares de las coronarias, o cuantitativas, lo cual es obvio en aspectos como tamaño o peso de un órgano. Hablamos de **Anomalías** cuando la incidencia de las variaciones que se presentan se encuentra fuera de los límites de la desviación Standard de la media y aún no siendo previsibles estadísticamente, no causan disfunción del órgano afectado. Por último está el concepto de **Malformaciones** que en cuyo caso las discordancias con el modelo anatómico, además de no ser estadísticamente predecibles, causan alteraciones funcionales.

Como hemos mencionado la Anatomía en su búsqueda de entender y explicar las formas debe asumir que las formas vivas son dinámicas, varían a lo largo de la vida del individuo en incluso en función del estado fisiológico del mismo, por lo que es necesario dotar de flexibilidad a este concepto. La Forma tomada en un sentido estricto en el ser vivo tendría representaciones infinitas, ya que existiría una distinta a cada instante. Para poder entender y explicar la Forma hay que descifrar aquellas que le anteceden y las que le han de suceder. En consecuencia dentro de la Anatomía tenemos que englobar la **Filogenia**, que estudia la formas que caracterizan al ser humano considerado como una especie, desde el nacimiento de las mismas hasta su conformación actual, y de **Ontogenia** que hace referencia al estudio de la forma del ser vivo como individuo, desde su formación individual hasta la madurez.

La ontogenia y la filogenia nos ilustran sobre los cambios de forma que experimenta el individuo de una manera irreversible y predeterminada. Pero como hemos dicho las formas están al servicio de la función, y es frecuente que la ejecución de una función requiera modificaciones reversibles de forma. La **Anatomía Funcional** se va a ocupar del estudio del "substrato morfológico" que permite y acompaña esos cambios funcionales cuyo estudio por otro lado sería ya objeto de otra disciplina diferente, la Fisiología.

Podríamos hacer también una división artificiosa de la Anatomía en función del instrumento que se utilice para su estudio, en cualquier caso el problema y el concepto seguirían siendo idénticos. Así hablaríamos de **Anatomía**

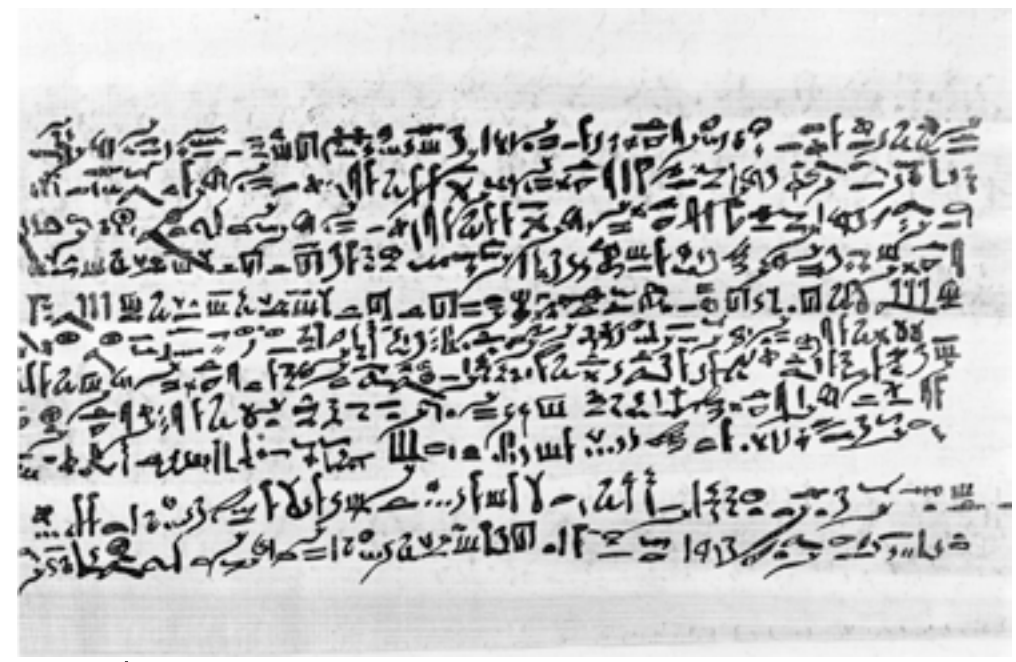
Macroscópica, **Anatomía Microscópica** o incluso **Anatomía Ultraestructural**. Por otro lado podemos considerar a la Anatomía como la primera disciplina exacta de la Medicina, ya que muy pronto se da cuenta de la necesidad de precisión en su lenguaje, requiriendo ser concisa en su terminología tanto por el bien de su propio avance como por el de otras disciplinas.

El objeto de la Anatomía Humana siempre ha sido el estudio del cuerpo humano vivo, lo cual requiere primero describir sus componentes y despúes entenderlos y explicarlos. Esto ha condicionado el desarrollo histórico de esta ciencia, articulado en una serie de etapas que desarrollamos a continuación.

2 LA FASE DESCRIPTIVA DE LA ANATOMÍA.

El desarrollo de la Anatomía se puede decir que comienza casi con el principio de la Humanidad aunque en un inicio está repleta de ideas poco científicas influenciadas por aspectos religiosos y socioculturales. Tenemos evidencias escritas de ciertos conocimientos anatómicos por parte de los egipcios, así en los **papiros de Edwin Smith** (1600 a.C.) y **de Ebert** (1550 a.C.) se describen luxaciones y fracturas además de tumores, infecciones de las heridas, paraplejias y enfermedades del aparato digestivo y genital femenino (Feldman, Goodrich. 1999; Haas. 1999; Gordetsky, O'Brien. 2009). Asimismo el historiador griego **Herodoto** describe las distintas técnicas de embalsamamiento empleada por los egipcios indicando por ejemplo la estrategia para el vaciado del contenido de la cavidad craneal, rompiendo con un gancho a través de los orificios nasales la lámina cribosa etmoidal, uno de los puntos más débiles de la base del cráneo, que constituye a su vez el techo de las fosas nasales (Lynnerup. 2007). A pesar de todo el conocimiento anatómico de los egipcios era muy escaso, no hay que olvidar que el embalsamamiento era un ritual llevado a cabo por religiosos. Otro documento histórico ilustre de donde se deduce la existencia de conocimientos específicos de la Anatomía humana en la antigua civilización Mesopotámica es el **código de Hammurabi** (1700 a.C.), donde de hecho se detallan ciertas intervenciones describiendo el manejo del cuchillo de bronce, la lanceta y el bisturí, además de los honorarios a recibir por quienes las practican en función del

resultado (Spiegel, Springer. 1997; Mehta. 2000). Sin embargo el criterio científico en esta cultura también está distorsionado por la visión mística de la enfermedad.



Copia de un Jeroglífico del papiro de Edwin Smith donde se describe un caso de una herida profunda en la cabeza llegando al hueso impactando el cráneo y dejando a la vista la zona afectada del cerebro. Tomado de *Child's Nerv Syst (1999) 15:281–284*.

Los griegos creían en el dominio del alma sobre el cuerpo, y por ello predominaban sus estudios de la psicología del ser humano sobre los de la Anatomía. A pesar de ello, los primeros estudios rigurosos centrados en la Anatomía cuya evidencia ha llegado hasta nuestros días datan del siglo V y IV a.C., cuando los griegos comienzan a explorar el cuerpo humano. La descripción más antigua de estructuras del cuerpo humano proceden del que es considerado padre de la Medicina **Hipócrates de Cos** (460-377 a. C.), que en su libro "Corpus Hipocraticum" establece conceptos anatómicos y fisiológicos que serán la base de la teoría humoral de la Medicina Clásica. Hipócrates se adelantó a su época considerando el cerebro como el centro del pensamiento (Yapijakis. 2009).

Aristóteles (384-322 a. C.) fue uno de los personajes más relevantes de la Grecia Clásica, y aunque parece ser que no practicó disecciones de cuerpos humanos, basándose en estudios sobre material fetal humano y sobre todo estudios sistemáticos en animales y embriones, desarrolló excelentes descripciones anatómicas en obras como "*Historia Animalium*", "*De Generatione Animalium*" y "*De Partibus Animalium*". Esto supone el nacimiento de doctrinas como la **Anatomía Comparada** o la **Embriología**. La concepción del alma sin

embargo tiene fuerza en su obra, así por ejemplo consideraba al corazón como el lugar de asiento del alma y de origen de las pasiones, y daba gran utilidad al diafragma como elemento mantenía el corazón puro separado de los contaminantes del intestino. Sin embargo su descripción de la aorta y sus ramas es extraordinariamente correcta y se percató de la existencia de los vasos linfáticos (Crivellato, Ribatti. 2007a; Shoja, et al. 2008a).

Otro personaje ilustre de la antigua Grecia fue **Herófilo de Calcedonia** (335-280 a.C.) médico de la primitiva escuela de Alejandría que puede ser considerado el primer Anatómico Humano de la historia pues hizo disecciones sobre cadáveres humanos y describió el sistema nervioso haciendo incluso distinciones entre nervios motores y sensitivos. Describió de manera muy precisa estructuras como el ojo, el cerebro, cerebelo, los ventrículos del SNC, plexos coroideos, glándula salivares, páncreas, hígado, intestino delgado y genitales. Como epónimo ilustrativo de su importancia encontramos la "prensa de Herofilo", cavidad existente en la confluencia de senos venosos limitada por la hoz y la tienda del cerebelo. Diferenció el cerebro claramente del cerebelo, al igual que consideraba el cerebro como el sustento del intelecto y no el corazón y atribuyó al cerebelo el control de la motilidad (Acar, et al. 2005; Crivellato, Ribatti. 2007b; Tomey, et al. 2007). Su obra se perdió tras la invasión romana de Alejandría pero autores posteriores como Galeno citaron al menos parte de sus trabajos. **Erasístrato** (304-250 a. C.) fue también un médico griego de la escuela de Alejandría al que se le atribuye haber descubierto que el corazón funciona como una bomba haciendo que la sangre después de mezclarse con el "neuma" (espíritu vital) fluya a través de los vasos sanguíneos, distinguiendo incluso entre arterias y venas. Describió las válvulas cardíacas, el cerebelo y las circunvoluciones cerebrales cuyo grado de desarrollo asoció a diferentes niveles de inteligencia entre las especies animales (Crivellato, Ribatti. 2007b; Tomey, et al. 2007). Encontró evidencias de alteraciones anatómicas tras enfermedades en las autopsias, poniendo en tela de juicio la teoría hipocrática de los humores orgánicos en las enfermedades.

Los romanos seguían manteniendo una visión especialmente religiosa de la medicina. Gran parte de la medicina romana era de herencia griega. Como uno de los padres de la Anatomía encontramos dentro de la Roma antigua a **Claudio**

Galeno de Pérgamo (129-199 a.C.) que mantuvo durante muchísimo tiempo la hegemonía en la ciencia anatómica, convirtiéndose su herencia en un verdadero dogma hasta la aparición de Andreas Vesalio (1514-1564 d.C.).



Galeno. Tomado de *J Neurol. 254:975-976 (2007)*

Desarrolló estudios médicos en enfermos y sobre disecciones de cadáveres animales, especialmente monos, pero sin embargo cometió el gran error de trasladar al ser humano todos los datos obtenidos en éstos (Castiglioni. 1943; Holomanova, et al. 2001). En cualquier caso sus trabajos sentaron un precedente en la Anatomía siendo una figura clave en el nacimiento de ésta como doctrina. Fue un experimentador brillante aunque quizá demasiado obstinado en confiar más en la capacidad discursiva de la razón que en los datos proporcionados por los sentidos. Los conocimientos que alcanzó de osteología fueron especialmente brillantes (Goss, Chodkowski. 1984). Creía que las arterias se originaban en el corazón y las venas en el hígado, la sangre desde el hígado iría al corazón donde se mezclaba con el aire de los pulmones para constituir el "espíritu vital" y desde allí por las arterias iría a todo el cuerpo (Dunn. 2003; Todman. 2007). Concluyó que la orina se formaba en los riñones y no en la vejiga. Describió la médula espinal como un cerebro secundario, identificó las vías medulares y reconoció la existencia de siete pares de nervios craneales. Ilustró que la disección a distintos niveles de la médula o de determinados nervios causaba parálisis, así por ejemplo sabía que la disección del nervio óptico causaba ceguera (Apuzzo. 2000; Apuzzo, et al. 2002). Pensaba que la imagen se formaba en el cristalino cuya parte posterior poseía una retina opaca constituyendo así una especie de espejo que reflejaba los objetos y cuya imagen se transmitía por el "espíritu vital" hasta el cerebro a través de los nervios ópticos.

Entre sus concepciones erróneas extendidas por más de un milenio podemos destacar: la consideración de que el esternón humano estaba constituido por dos mitades de siete huesos como en el mono; su descripción del hueso coxal, que se aproximaba más a la del buey que a la del ser humano; o que el útero humano presenta dos cuernos como en el perro, uno para el desarrollo de varones y otro para el de hembras (Castiglioni. 1943).

Los conocimientos de Galeno no fueron ni superados ni cuestionados a lo largo de más de un milenio donde el desarrollo de la ciencia anatómica fue paupérrimo. Durante toda la edad media tuvo mucha fuerza la concepción de los teólogos y filósofos del mundo material, incluyendo la frágil carcasa que suponía el cuerpo humano, insignificante y carente de interés para el estudio en comparación con el mundo inmaterial.



"Lección de Anatomía". Mondino ilustra la disección de un cadáver "ex cathedra", mientras un cirujano la realiza y un ostensor señala las estructuras tan pronto como son visibles. Tomado de *Clinical Anatomy 19:581-587*.

En todo este periodo de oscuridad no encontramos una figura con cierta relevancia hasta la aparición de **Mondino de Luzzi** (1275-1326). Este autor en base a sus disecciones sobre cadáveres escribe su obra "*Anothomía*" donde sin embargo comete el error de no poner en tela de juicio muchas de las interpretaciones erróneas de Galeno (Crivellato, Ribatti. 2006). Así, aunque Mondino fue un profesor innovador en la docencia de la Anatomía al introducir la disección en los cursos médicos (aunque hay que recordar que autores giregos como Herófilo o Erasístrato ya practicaron disecciones públicas y autopsias),

éstas se llevaban a cabo de manera estereotipada como ilustración de los textos de Galeno, sin intentar aportar nuevos conocimientos. En cualquier caso la introducción de estos hábitos de trabajo especialmente en las escuelas médicas italianas (destacan de este periodo las universidades de Padua y Bolonia), sería lo que a la larga llevaría a una renovación de los conocimientos Anatómicos.

El cambio decisivo hacia una Anatomía descriptiva objetiva surge en el renacimiento con la prodigiosa figura de **Leonardo da Vinci** (1452-1519) quien con el fin de conocer minuciosamente el cuerpo humano, estudió anatomía sobre cadáveres junto con un médico de Verona, Marcantonio della Torre, plasmando sus conocimientos de las formas con gran cantidad de dibujos en cuadernos de Anatomía (Tsafrir, Ohry. 2001). Pero la Anatomía descriptiva renacentista adquiere su apogeo con una de las figuras más apreciadas por los anatomistas de todos los tiempos, **Andreas Vesalius** (1514-1564). Vesalio estudia en Lovaina y luego en París donde es discípulo de Silvio y Adernach. En 1537 va a Padua donde se convierte en profesor de Anatomía y Cirugía. Allí su práctica docente se basaba en realizar él mismo una disección cuidadosa y detallada del cadáver explicando a sus alumnos el resultado de lo que observaba. A petición de una casa editorial de Venecia "La Junta" va a llevar a cabo una revisión de la obra de Galeno, y al compararla con el cadáver, describe la enorme disparidad que existe entre lo que lee en la obra de Galeno y la realidad de la disección. Fruto de este trabajo surge su obra maestra "De humani corporis fabrica" editada en 1543, compuesta de 7 tomos con 300 ilustraciones realizadas por E. Calcar, discípulo de Tiziano. El primer libro versa sobre osteología, el segundo acerca de miología, el tercero de la angioanatomía, el cuarto de neuroanatomía, el quinto se dedica a la esplacnología abdominal, el sexto a la esplacnología torácica y el séptimo ofrece disecciones seriadas haciendo referencia además a los órganos sensoriales. Entre otras muchas observaciones se puede mencionar que demostró la ausencia de comunicación interventricular asumida hasta aquel momento, (hecho que fue corroborado por Miguel Servet y Realdo Colombo posteriormente), descartó la existencia de dos huesos mandibulares o niega la existencia del hígado pentalobulado (Castiglioni. 1943; Holomanova, et al. 2001).

Una característica de la obra de Vesalio es que da una visión por planos,

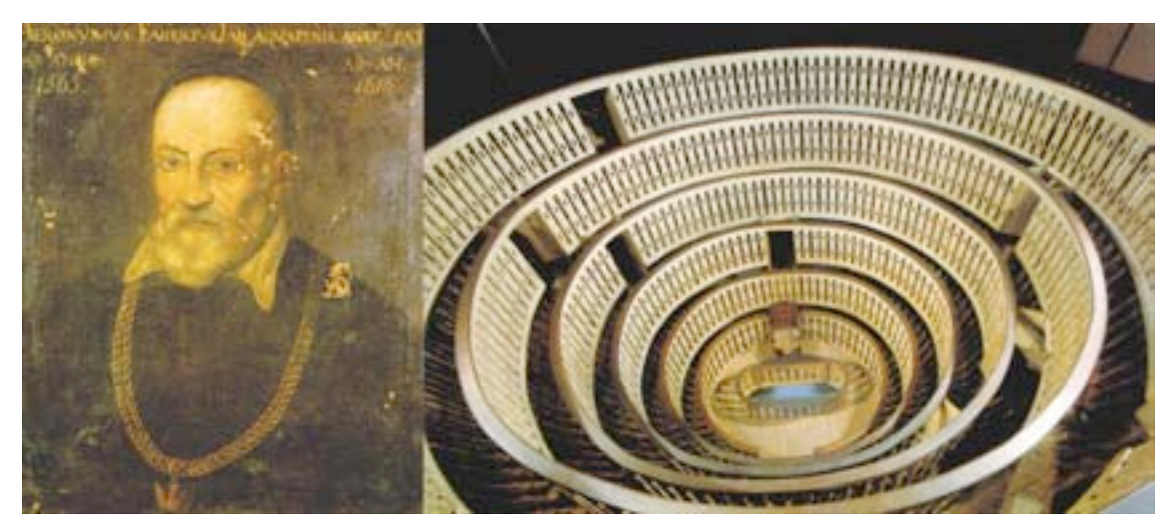
mecánica, de la Anatomía, haciendo una clara exposición directa y escueta de lo observado en el cadáver. Es importante resaltar lo descriptivo de su labor, nunca muestra gran preocupación por la función de lo estudiado. Sin embargo, sus afirmaciones revolucionan la Anatomía Humana tradicional invitando a hacer una profunda revisión de la doctrina galénica, no sin que ello le causase reacciones airadas de opositores, entre los que destaca su antiguo maestro en París, Silvio (Castiglioni. 1943). Su defensa de las técnicas de disección para el estudio y la docencia llevaron a Vesalio a ser condenado a muerte por la inquisición acusado de practicar la disección en un hombre vivo. Esta suerte no se cumplió por conmutarle la pena Felipe II por una visita a Tierra Santa, ya que Vesalio fue médico primero en la Corte de la Carlos V y después en la de Felipe II.



Fotografía del texto "De humani corpori Fabrica" con una de las ilustraciones características de Calcar.

A partir de Vesalio a lo largo del Renacimiento y el Barroco se desarrolla con gran profusión la fase descriptiva de los conocimientos anatómicos alcanzándose notables descubrimientos. Nos da una idea de ello la enorme cantidad de estructuras que reciben nombres de anatómicos de la época, así podemos señalar entre ellos: Eustacchio, Falopio, Glisson, Harvey, Malpighi, Pachioni, Pecquet, Riolano, Stenon, Valsalva, Vieussens, Willis, Winslow, etc. En este periodo ya se realizan las primeras aproximaciones a una fase explicativa de la Anatomía como ciencia, tratando de conectar forma y función. Entre estos intentos iniciales destacaremos el que quizás fue el primero, realizado por

Girolamo Fabrizi D´Acquapendente (1533-1619), destacado discípulo de Gabrielle Fallopius al que sustituyó en la Cátedra de Padua y maestro de Willian Harvey. La filosofía de la obra de Acquapendente se nutría de una sistemática Aristotélica en la que proponía primero la descripción anatómica de lo observado en la disección, después la función independiente de lo descrito y por último la integración de la función en el global del cuerpo. Así el mismo título de sus obras, como por ejemplo "*De Visione, Voce, Auditu*" (1600) o "*De Locutione et Eius Instruments*" dejaba ver que pretendía ir más allá de la pura descripción morfológica (Smith, et al. 2004). En el terreno de la anécdota destaca por ser defensor de la disección pública para la docencia hasta el punto de ser el responsable de la construcción del primer teatro específico para ello de la historia en Padua en el año 1594.



Retrato de Acuapendente e imagen del teatro anatómico de Padua de conformación elíptica con forma de embudo. Tomado de *Clinical Anatomy 17:540-543 (2004).*

El avance sucesivo de las Ciencias Morfológicas se vio incrementado con el desarrollo de las técnicas de fijación de los tejidos, permitiendo conservar piezas para el estudio y la enseñanza. Comienzan a perfeccionarse cuando **Robert Boyle** (1627-1691) introdujo el alcohol como fijador. Posteriormente **August W. Von Hoffmann** (1818-1892) descubre el gas "aldehído fórmico", hoy conocido en soluciones del 37-40% como "formol", perfeccionando enormemente los métodos de fijación y conservación. Por otro lado **Frederijk Ruysch** (1638-1731) introdujo la utilización de sustancias inyectables solidificables y colorantes para el estudios del árbol vascular. De esta manera transcurre la Anatomía hasta el siglo XIX cuando se produce un gran desarrollo de las técnicas de diagnóstico y la cirugía, haciéndose necesaria una mayor profundización en los conocimientos

anatómicos. En base a todo ello se produce un verdadero apogeo de la Anatomía descriptiva, adquiriendo gran relevancia la aplicación práctica de sus hallazgos, y condicionando así el desarrollo de la **Anatomía Clínica o Aplicada** y la **Anatomía Topográfica**.

En la **Anatomía Clínica** la descripción de las estructuras del ser humano se realiza intentando dar fundamentos útiles para la práctica médica con la intención de reconocer estructuras o comprender enfermedades. Gran cantidad de anatomistas en la disección de cadáveres encontraban de modo casual lesiones en los cuerpos y algunos otros comenzaron a buscar esas alteraciones de manera intencionada para aclarar la naturaleza de las enfermedades. **Giovanni Battista Morgagni** (1682-1771) recoge en su obra publicada en 1761 "*De sedibus et causis morborum per anatomen indagatis libri quinque*" hasta 500 casos clínicos acompañados de un informe de la autopsia realizada tras la muerte del paciente. **Marie-François Xabier Bichat** (1771-1802) desarrolla en 1801 en su texto "*Anatomie genérale appliquée à la physiologie et à la médecine*" el programa anatomoclínico formulando la afirmación de que sólo en el momento en el que se establecieran las correlaciones acertadas entre los rasgos anatomopatológicos en el cadáver y las observaciones clínicas previas en el enfermo, la medicina alcanzaría rigurosidad científica. Su repentina muerte, causada según algunos autores por un accidente en la sala de disección, le impidió terminar su obra "*Traité d´Anatomie Descriptive*", que fue completada por dos de sus estudiantes, en la que buscaba una peculiar organización de los órganos en base a sus funciones. Bichat es considerado el padre de la Histología Moderna al ser el primer autor en hablar de tejidos, considerando que los órganos estaban compuestos de varios tejidos y que la enfermedad consiste en la afectación de estos tejidos (Shoja, et al. 2008b).

Cabe la mención aquí de un pionero también en el registro de signos anatomopatológicos como fué **René Theóphile Hyacinthe Laennec** (1781-1826). Laennec desarrolló la auscultación torácica convirtiéndola en una técnica para recoger signos patológicos y relacionar enfermedades cardiacas y pulmonares con sonidos auscultatorios.

Adicionalmente en la práctica quirúrgica los conocimientos anatómicos se presentan claves. Ilustrativo de lo que denominamos como Anatomía Clínica

(también definida como Anatomía Médica por Portal o Anatomía Médico-Quirúrgica por Petrequin) son los denominados por Malgaigne "puntos de referencia", tales como el tubérculo del escaleno anterior (de Lisfranc) de la primera costilla como referencia para la ligadura de la arteria subclavia o el ligamento pectíneo (de Cooper) como punto de sutura tras las incisiones abdominales en la zona inguinal.



A la izquierda vemos una fotografía de la portada del tratado de Laennec sobre auscultación en el diagnóstico de enfermedades. La labor que realizó en el Hospital Necker de París alcanzó tal fama que, muchos años después de su muerte, Théobald Chartran (1849-1907) pintó un cuadro que lo muestra examinando a un paciente tuberculoso. En la actualidad dicha pintura que podemos apreciar a la derecha se encuentra en la Sorbona. Tomado de Porter, Roy. *Cambridge Illustrated History of Medicine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

La **Anatomía Topográfica** desarrolla una descripción de las estructuras que componen el cuerpo humano con especial atención en sus relaciones recíprocas. Con el desarrollo de la Anatomía Topográfica la ciencia anatómica alcanza su total madurez y se completa prácticamente la descripción de la forma del cuerpo humano alcanzando su plenitud en textos como los de **Jean Leó Testut** (1849-1925). Profesor investigador de la Facultad de Medicina de Burdeos y profesor de Anatomía de la Universidad de Lile y Lyon, Testut publica espléndidos textos de Anatomía tales como "*Traité d´Anatomie Humaine*" en colaboración con L. Latarget (1889-1892 primera edición) o "*Traité d´Anatomie Topographique*" en colaboración con O. Jacob (1905). Otros autores de textos similarmente relevantes son Charpy o Poirier.

Dentro de la disciplina de la Anatomía descriptiva podríamos encuadrar lo que conocemos como **Anatomía Radiológica**, nacida en virtud al desarrollo de las potentes técnicas de imagen del cuerpo humano. El origen de estas técnicas, que permitieron el inicio del estudio de la Anatomía en el individuo vivo, surgió en 1896 cuando se realizó la primera radiografía de la mano humana, tras el descubrimiento de los rayos X en 1895 por el premio Nobel de física alemán **Wilhelm Conrad Röntgen** (1845-1923).



Primera radiografía de la mano de la esposa de Röntgen. La Imagen original se encuentra en el Instituto de Física de la Universidad de Würzburg. Tomada de la Web institucional la Universidad de Würzburg.

Las técnicas de imagen del cuerpo humano están alcanzando un desarrollo impensable hasta hace poco tiempo, avances tecnológicos que están permitiendo escudriñar la anatomía del cuerpo humano vivo completo sin necesidad de recurrir a la disección. Además hoy en día se están perfeccionando los métodos de imagen "en cuatro dimensiones", que permiten no solamente hacer recomposiciones tridimensionales de las estructuras a partir de secciones anatómicas virtuales sino que están próximas a permitir también monitorizar a tiempo real los cambios que padecen con su movimiento. El avance de la resonancia magnética nuclear así como de la tomografía axial computarizada está estableciendo un punto de inflexión en el desarrollo de la práctica médica e

incluso la docencia médica, lo que a su vez ha potenciado la importancia de la Anatomía Topográfica y la Anatomía Funcional. Como prueba de esto puede observarse un aumento creciente de textos y atlas anatómicos orientados a la comprensión de imágenes obtenidas mediante “scanner” o resonancia. Sirva de ejemplo el incremento de imágenes radiológicas en tratados anatómicos modernos tales como “Anatomía Humana” de los profesores Porrero y Hurlé o los textos exclusivos de anatomía radiológica como “Anatomical Basis of Imaging Diagnosis” de los profesores P. Fleckenstein y J. Tranum-Jensen o “Anatomical Radiology” de los profesores S.P. Ryan y M.M.J. McNicholas, todos ellos de amplio uso en las aulas de las Facultades de Medicina actuales.

3 FASE EXPLICATIVA DE LA ANATOMÍA.

El fundamento de la Anatomía como ciencia no se agota en la descripción de las formas a pesar de la gran sofisticación que han llegado a alcanzar las técnicas de estudio para este fin. La Anatomía como ya hemos mencionado persigue explicar y entender las formas, y alcanzar tal grado de conocimiento sólo es posible cuando se descifran las bases que rigen su fundamento y materialización. La ciencia siempre se ha valido de hasta cuatro modelos de estudio para explicar los problemas de los que se ocupa (genético, deductivo, probabilístico y teleológico), de ellos la morfología se nutre básicamente de los modelos genético, deductivo y teleológico.

a) **Modelo genético.** Utilizando la comparación como estrategia para encontrar correlaciones entre las distintas formas vivas, este modelo busca el desarrollo de leyes fundamentales que expliquen la figura y estructura de los organismos. Para ello asume que las formas son el resultado de un proceso secuencial extendido a lo largo del tiempo y busca evidencias que lo demuestren así como principios generales que permitan explicar y entender la transición de un estadío al siguiente. El conocimiento de estos principios generales hace predecible cada elemento de la secuencia teniendo en cuenta el precedente, alcanzando en el estudio del proceso la explicación y el entendimiento del fenómeno concreto. Sobre este modelo se fundamenta la Anatomía Evolutiva que

se compone de dos campos fundamentales: **Anatomía Filogenética** y **Anatomía Ontogénica**.

La Anatomía Evolutiva Filogenética es una rama de la Anatomía que tiene en cuenta el estrecho parentesco que existe entre las diferentes especies animales para entender las formas, ya que en el pasado han existido órganos que al modificarse (evolucionar) han dado lugar a los órganos actuales. No debe confundirse con la Anatomía Comparada, ya que ésta trata de establecer similitudes entre las estructuras de las distintas especies independientemente de que exista o no una correlación evolutiva. Por el contrario la Anatomía Filogenética de acuerdo con el modelo genético, intenta estudiar el parentesco entre las figuras y estructuras de las distintas especies, consideradas como estados evolutivos en una cadena en la que sus elementos están correlacionados por leyes generales. Sin embargo la Anatomía Comparada está al servicio de la filogenética al resaltar diferencias entre diferentes especies animales cuando compara sus estructuras, facilitando que puedan ser interpretadas filogenéticamente.

Mención en este punto merecen los conceptos "Homología, Analogía y Homoplasia". Aristóteles ya se percató de que es difícil establecer los criterios que rigen la comparabilidad de dos estructuras. Para poder comparar estructuras éstas deben ser homólogas y Aristóteles, figura precursora de los estudios de Anatomía Comparada, ya distinguió en sus trabajos entre analogía (similares funciones independientemente de la forma y origen) y homología (semejantes estructura y origen independientemente de la función). **Richard Owen** (1804-1892) es el responsable de concretar el concepto de **estructuras homólogas** que definió en 1843 en su trabajo "*Lectures on comparative anatomy and phisiology of the invertebrae animals*" (Panchen. 1999; Hall. 2003; Hall. 2007). La definición de Owen es la que se mantiene hasta nuestros días: "aquellos órganos que son idénticos en la serie de formas estudiadas, independientemente de la función que cumplan". Para Owen la ontogenia será la clave para detectar estructuras homólogas debido a la existencia de un antecesor común, así en vertebrados el desarrollo embriológico tiende a ser muy conservativo, y órganos diferentes en el adulto pueden desvelar su homología en los primeros estadíos embriológicos.

Más tarde, en 1870 **Edwin Ray Lankester** (1847-1929) en su obra "*On the use of the term homology in modern zoology and the distintion between homogenic and homoplastic agreements*" definiría el término de homoplasia para atender a la evolución convergente en la que dos fenotipos adquieren conformaciones similares desde una evolución que ha discurrido de manera independiente (Hall. 2003; Hall. 2007).

La Anatomía Filogenética nos permite comprender y explicar las formas al estudiar su génesis a lo largo del proceso evolutivo. El nexo entre los distintos eslabones que componen la cadena que lleva a una forma determinada se compone de una serie de parámetros: la adaptación, la variación y el factor tiempo. Por **adaptación** entendemos el reordenamiento de la figura y estructura de un organismo en virtud del medio ambiente en el que habita. Es básico que las formas resulten rentables y cumplan los requisitos de surpervivencia, soportando o superando la competencia de otras **especies. La variación** hace referencia a las divergencias que existen dentro de individuos de la misma especie, las cuales pueden ser no transmisibles genéticamente y por lo tanto sin interés evolutivo o transmisibles genéticamente apareciendo por nuevas combinaciones o mutaciones genéticas. Éstas últimas son de alto interés evolutivo porque potencian las que mejor se adaptan al medio y eliminan aquellas variaciones que lo hacen deficientemente. La importancia del **factor tiempo** está en la base del modelo genético, siendo fácilmente comprensible pues la evolución de las formas necesita confrontar sus derivaciones con el medio ambiente en el que se desarrollan a lo largo del tiempo. Esto permite perpetuar las conformaciones definitivas y descartar las menos viables a corto, medio o largo plazo. En función de todo ello, la Anatomía Filogenética nos va a permitir comprender y explicar la formas incluso de los órganos vestigiales sin función aparente.

El comienzo real como disciplina científica de la Anatomía Comparada se puede decir que surgió a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX en plena ebullición de la corriente filosófica de gran influencia en la vida social, cultural y científica de Alemania, la "*Naturphilosophie*". En esta etapa la Anatomía Comparada se convirtió en un saber elaborado y sistemático formando parte como disciplina básica de las modernas Ciencias Biológicas.

Charles Bonnet (1720–1792) estableció la idea del plan único de

organización de los seres vivos, en un periodo de su obra que respondía a interpretaciones más bien especulativas de sus experiencias en el estudios anatómicos sobre ciertos animales (Hedges. 2007). Publicó en 1764 *"Contemplation de la naturae*" donde defendía esta concepción en una interpretación rígida de la idea de origen aristotélica "*scala naturae*". Bonnet en sus observaciones de Anatomía Comparada concluía que todos los seres vivos respondían a un plan único, que se realiza de una forma cada vez mas compleja desde el aire y el fuego como elementos más sencillos, al agua y la tierra, los minerales, plantas, animales invertebrados y animales vertebrados, hasta llegar al tipo al que han de referirse todos los demás que es el Hombre. Este modo de pensar es la base de las especulaciones de los seguidores de la *Naturphilosophie* apoyada en la teoría de los "niveles". Bonnet para poder explicar los hallazgos fósiles, sugiere en su obra "*La Palingénésie philosophique*" (1769) que la Tierra está avocada a sufrir desastres periódicos en los que muchas especies desaparecen y los supervivientes ascienden en la "*scala naturae*" alcanzando nuevos puestos más elevados. En concordancia con esto en el próximo desastre global el hombre, en la cima de la evolución, evolucionaría hasta convertirse en Ángel, cuando los minerales se transformarían en plantas, las plantas en animales y los animales en seres inteligentes. Esta teoría catastrofista para explicar la evolución influenciaría enormemente el trabajo de Erasmus Darwin (1731-1802), quien a su vez ejerció su influencia sobre su nieto Charles Darwin's (1809-1882). Lo más importante de todo esto es que convierte a Charles Bonnet en el primer Biólogo que utiliza el término *evolución* en el contexto biológico (Hedges. 2007).

Por la misma época un gran número de estudiosos alemanes influenciados por la "*Naturphilosophie*", desarrollan durante este periodo de manera notable estudios de Anatomía Comparada, destacando **Johann Wolfgang von Goethe** (1749-1832). Para Goethe todos los organismos están organizados en base a una serie limitada de Normas y con su intento de descifrar estas Normas Goethe y otros seguidores de esta corriente alemana como C.F. Kielmeyer, J.F. Meckel y L. Oken contribuyeron considerablemente al estudio sistemático comparado del mundo vivo.

Pero quizá las figuras más relevantes de este periodo las encontramos en Francia. Así se distinguió con sus estudios **Jean Léopold Nicolas Fréderic**

(**Georges) Cuvier** (1769-1832), que fue el primero en establecer criterios generales de organización de los organismos vivos. Este autor rompe el establecimiento de comparaciones y descripciones sistemáticas de las distintas especies como único fin, sino que sobre todo busca desarrollar el método comparado para poder formular teorías generales sobre la organización animal, pudiendo por ello ser considerado como el padre de la Anatomía Comparada moderna. De hecho escribe el primer tratado auténtico de Anatomía Comparada "*Leçons d´anatomie comparée*" (1800-1805), ya que las obras aparecidas hasta la fecha se limitaban a establecer comparaciones entre grupos concretos de animales.



Lección Paleontológica de Georges Cuvier en su cátedra del *Muséum d´Histoire Naturelle*. Tomado de "La anatomía comparada antes del Darwinismo" de ediciones Akal.

Cuvier establece una serie de principios generales como el **principio de cooperación** del plan estructural propio y las condiciones de vida en la estructuración anatómica de la especie, el **principio de subordinación** de las formas anatómicas y el **principio de correlación** de las partes orgánicas (Russell E. S. 1982; Panchen. 2001). Según Cuvier los órganos no existen de manera aislada, no están meramente yuxtapuestos sino en una combinación apropiada formando parte de los seres vivos, integrando su estructura y figura en el grupo al que pertenece para el correcto funcionamiento global. Además no existen dentro de una especie todos los órganos posibles sino la combinación que permite al individuo desarrollar sus funciones acorde a sus condiciones de vida. Esta

cooperación conlleva que cada una de las funciones dependa de todas demás. Cuvier además admite la presencia de órganos rectores y órganos subordinados en sus caracteres anatómicos para su correcta integración en el grupo. La respiración no puede tener lugar sin la circulación. Esta depende de la contracción muscular del corazón lo cual no puede tener lugar sin el estímulo nervioso. La dependencia funcional condiciona que los cambios en un órgano repercutan sobre todos los demás.

El principio de correlación de Cuvier se lleva hasta su máxima expresión en ciencias como la Paleontología, donde a partir del fósil de un hueso o un fragmento del mismo se reconstruye todo el animal: "...En una palabra, la forma del diente supone una forma del cóndilo o la del omóplato la de las garras, del mimo modo que una ecuación de una curva comprende sus propiedades" (tomado de Russell E. S. 1982). De hecho hay quien considera este autor como el padre fundador de la Paleontología pues en sus trabajos sobre anatomía comparada y morfología funcional ocupó gran parte de sus esfuerzos en la comparación de las formas vivas con fósiles. Sin embargo fue Charles Lyell (1797-1875), relevante geólogo británico, quien primero acuño el término a los estudios de la Anatomía Comparada de las forma fósiles en 1838.

Cuvier bajo un punto de vista teleológico plantea que ningún ser vivo puede existir si no coordina su estructura anatómica de manera que haga al individuo completo viable en el medio que le rodea. De esta forma se descifra la clave de la relación entre la estructura anatómica y las costumbres de los animales y la manera en que se adaptan al medio (Russell E. S. 1982). Así la relevancia de los distintos órganos en el todo dependerá de su nivel de influencia en la vida del animal.

Cuvier creía que las especies eran fijas y que cada ser estaba tan perfectamente confeccionado con una congruencia tal de sus estructuras que si alguna se modificase el animal estaría condenado irremediablemente a la desaparición. Así combinando todos los principios descritos por él, Cuvier formuló su "teoría de los tipos zoológicos" clasificando a los animales en cuatro grupos en su obra "*Le règne animal*": vertebrados; articulados; radiados; y moluscos, y mantuvo que sólo se podían llevar a cabo comparaciones de un plan fundamental de organización dentro de cada grupo, en fuerte contraposición de las teorías

evolucionistas. Se oponía irremediablemente al concepto aceptado ampliamente y de manera histórica de la gran escalera de la vida, la *scala naturae* (Lovejoy. 1936)

Del mismo modo este autor asentó como un hecho el fenómeno de las extinciones siendo defensor de las teorías del catastrofismo durante las primeras décadas del siglo XIX en fuerte confrontación con las teorías de pre-Darwinianas transformistas y de evolución gradual defendidas por estudiosos como Lamarck o Geoffroy Saint-Hilaire. Cuvier argumentaba que la historia de la vida era una sucesión de creaciones y extinciones.

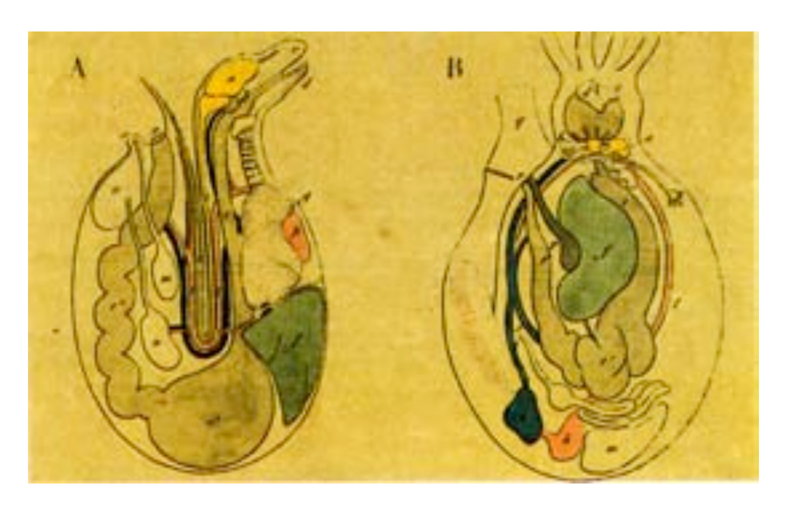


Imagen tomada de un artículo de Cuvier donde compara un mamífero plegado sobre sí mismo con los moluscos. El artículo publicado en 1830 estaba orientado a criticar el principio de la unidad del plan de composición de Geoffroy Saint-Hilaire.

Otro científico relevante de la época fue el naturalista francés **Étienne Geoffroy Saint-Hilaire** (1772-1844) quien al igual que Cuvier aspiraba acabar con la Anatomía meramente descriptiva y establecer una Anatomía más racional que pudiera explicar las diferencias entre los diferentes animales. El enfoque de este autor estaba más centrado en la morfología trascendental, tratando de buscar analogías estructurales entre especies más que una morfología teleológica como la de Cuvier. Además a diferencia del sistema discontinuo de este último, defendía la unidad en un plan de composición común para todos animales (Panchen. 2001; Humphries. 2007). La unidad del plan de organización de los animales es la idea que articula toda su obra destacando entre ella el texto "*Philosophie anatomique*" publicada en 1818. Entre sus aportaciones destacan la **teoría de los análogos**, el **principio de las conexiones** o la **ley del equilibrio**

de los órganos. Defendió que cualquiera que sea el cambio de forma o desplazamiento de una parte anatómica en el individuo, mantendrá siempre nexos con partes adyacentes claves para el establecimiento de la homología entre partes comparables en la Anatomía Evolutiva. Se afanó en exponer y argumentar una correspondencia entre los órganos de todas las especies, llegando incluso a caer en la especulación en comparaciones entre artrópodos y vertebrados (Panchen. 2001).

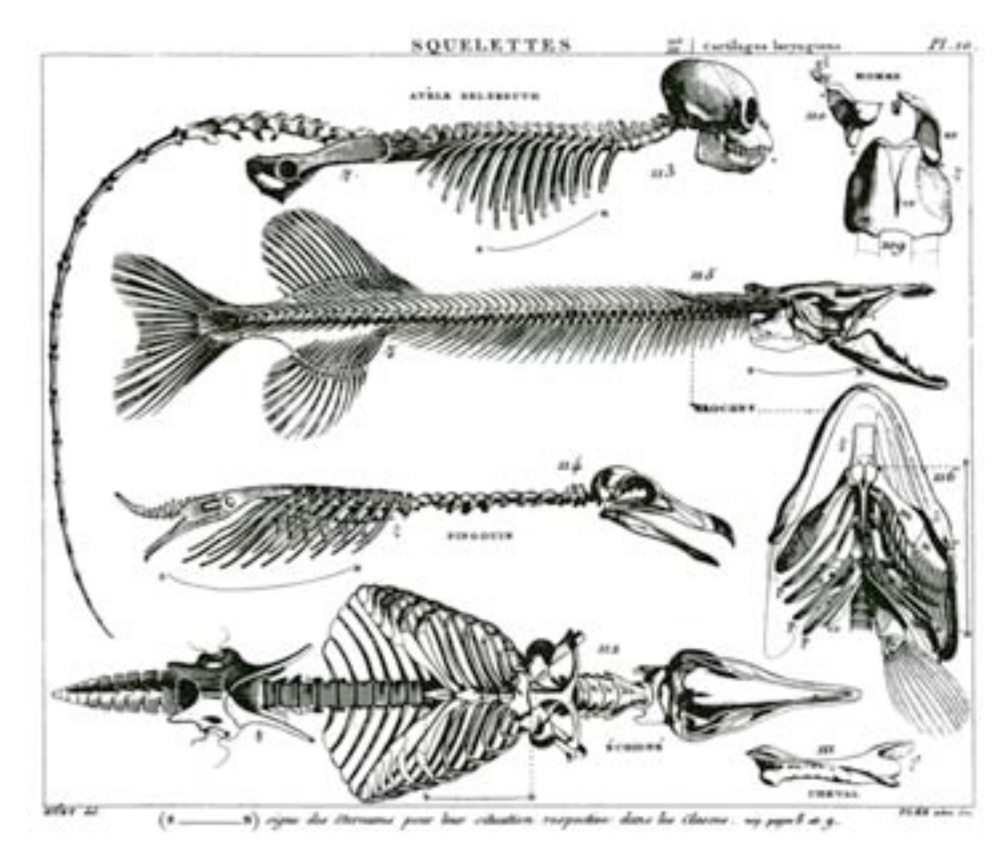


Lámina de la obra "*Philosophie anatomique"* de Saint-Hilaire cuyo objeto es ilustrar el principio de la "unidad del plan de composición" de los vertebrados.

Hilaire defendía que las distintas especies serían variaciones de una misma forma fundamental surgidas por crecimiento desigual de las partes que la constituyen. En un sistema organizado tridimensionalmente existirá un equilibrio cualitativo, numérico y volumétrico entre los diferentes componentes. Así, los órganos pueden encontrarse hipertrofiados, atrofiados e incluso haber desaparecido, pero el modelo común se mantiene. Estos principios han sido muy utilizados en la investigación embriológica. El modelo común de Saint Hilaire, por otro lado como hemos mencionado, es construido en virtud de consideraciones

exclusivamente morfológicas, sin preocuparse demasiado de los criterios funcionales, tan relevantes para Cuvier. Además la reducción de todos los planes corporales a un solo tipo provocó una polémica de gran alcance internacional entre Saint-Hilaire y Cuvier en forma de comunicaciones y discusiones públicas en la Academia de las Ciencias o de modo no oficial en revistas e incluso en la prensa no especializada. La polémica, que ilustra el apogeo de la Anatomía Comparada como disciplina central en el conjunto de las ciencias naturales, se concluyó abruptamente con la inesperada muerte de Cuvier en 1832 (Russell E. S. 1982; Apple. 1987).

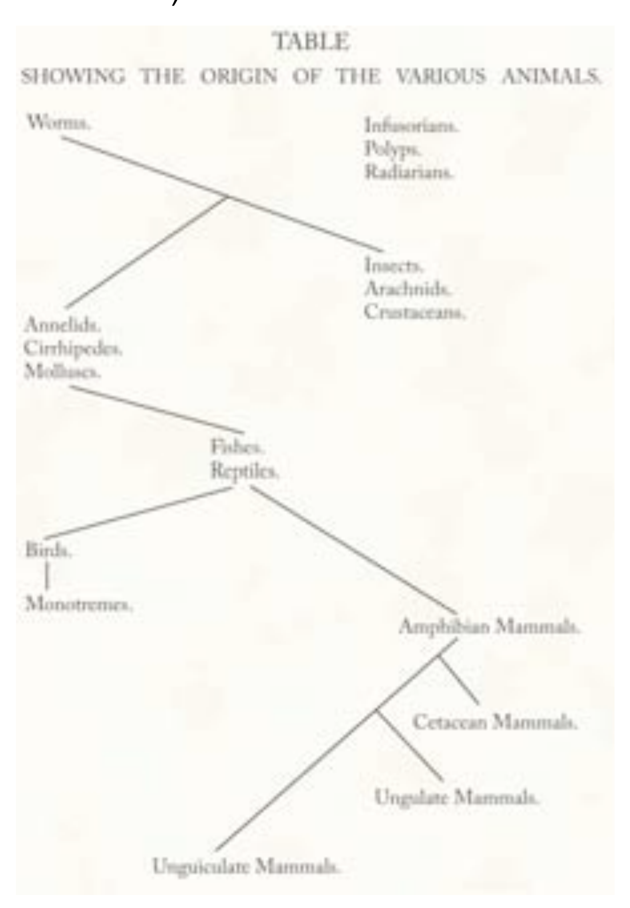
Pero durante esta época existían otros autores con ideas en cierta forma diferentes preocupados por las correlaciones de las formas vivas entre sí y con las extintas, que fueron introduciendo las bases que culminaron en el origen de las especies de Charles Darwin. Así encontramos al por algunos considerado "padre de la Biología" **Jean-Baptiste-Antoine de Monet de Lamarck** (1744-1829) pues definió el término que la identifica como rama científica **"... todo lo que generalmente es común a los vegetales y a los animales, así como todas las facultades que son propias a cada uno de esos seres, sin excepción, debe constituir el único y vasto objeto de la Biología."**.



Retrato de Lamarck, padre de la Biología.

Lamarck desarrolló estudios que le llevaron a separar a los animales vertebrados de los invertebrados. De Lamarck se recuerda principalmente su **teoría transformista** basada en la **ley del uso y desuso** presentando una de las

primeras versiones de la teoría de la evolución desarrollada en la publicación en 1809 de su "*Philosophie Zoologique*". Según Lamarck, existe en la naturaleza una cadena del ser, una gradación sutil que va de los animales más simples a los más complejos y por último al ser humano. Sin embargo, dentro de cada grupo, las especies no siguen esta gradación, sino que se diversifican porque las influencias del medio provocan otras transformaciones. "No son los órganos, esto es la naturaleza y la forma de las partes del cuerpo de un animal, lo que da lugar a sus costumbres; es de su manera de vivir y las circunstancias en que se ha encontrado el individuo que proviene lo que, con el tiempo, ha constituido la forma de su cuerpo". Así, la gradación queda alterada por las actividades de los organismos en el momento de su propia transformación y por la herencia de estas transformaciones (Balter. 2000). A pesar de que se considera a Darwin como el primer científico en perfilar una evolución arborescente de las especies, en el texto de "*Philosophie Zoologique*" podemos encontrar un esquema evolutivo de esta naturaleza (Wheelis. 2007):



Reproducción del esquema encontrado en J. B. Lamarck, *Zoological Philosophy: An Exposition with Regard to the Natural History of Animals*, H. Elliot, transl. (Macmillan, London, 1914), p. 179 [reprinted by the University of Chicago Press, 1984]. Tomado de "*Science 5812, 597*".

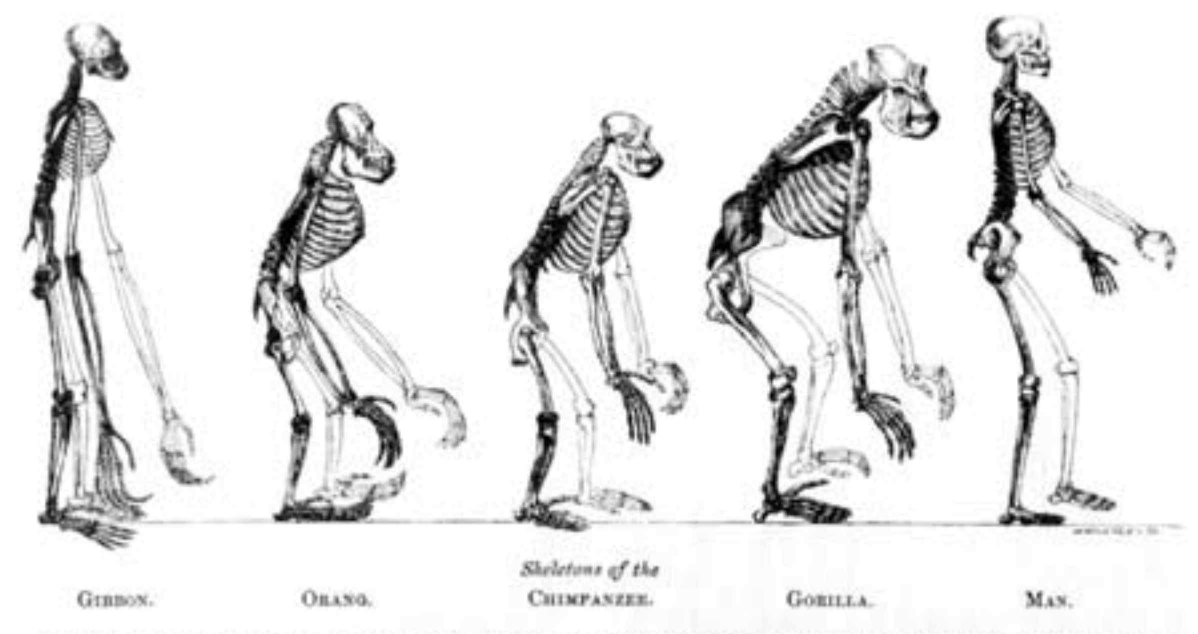
Lamarck pensaba que la naturaleza tiende a incrementar el tamaño de los seres vivientes hasta un límite predeterminado, que los nuevos órganos se producen como resultado de una nueva necesidad, y que éstos órganos alcanzan un desarrollo que es proporcional al grado de uso al que están sometidos. Además era defensor de la transmisión hereditaria de los caracteres adquiridos afirmando que todas las características adquiridas por un individuo son transmitidas a su progenie, hipótesis que en la ciencia reciente está reconsiderándose en cierta extensión (Balter. 2000; Chernoff. 2001). Todas estas teorías fueron compartidas por autores relevantes de la época como su propio mentor **Georges-Louis Lecrec, conde de Buffon** (1707-1788) o el abuelo de Darwin, **Erasmus Darwin** (1731-1802). Entre Lamarck defensor de la evolución gradual jerarquizada y Cuvier paladín del catastrofismo hubo una gran rivalidad llegando a desacreditarse mutuamente como científicos públicamente. Lamarck le recriminaba que con las herramientas de la anatomía comparada y la paleontología, no reparase en las pruebas evolutivas que se le aparecían. De Cuvier, que llegó a afirmar la invariabilidad de las especies, hay que deducir que su teoría de las catástrofes geológicas se debe entender fundamentalmente como un intento de no vincular especies desaparecidas con las contemporáneas.

Étienne Renaud Augustin Serres (1786-1868) y **Johann Friedrich Meckel** (1781-1833) habían establecido entre 1824 y 1826 la Teoría del Paralelismo con la intención de hilar una asociación entre la embriología comparada y un patrón de unificación del mundo vivo, estableciendo un paralelismo entre el desarrollo ontogénico y la "*scala naturae*". En esta teoría del paralelismo, las leyes que rigen el desarrollo individual son las mismas que gobiernan el reino animal, por ello los embriones de los animales superiores atraviesan los más importantes niveles precedentes, coincidiendo las formas de sus sucesivos estadios con la de los animales inferiores. Meckel estableció la teoría del paralelismo bajo el marco filosófico de la Naturphilosophie alemana. A su vez en Francia Serres, discípulo de Saint-Hilaire, estableció también el paralelismo entre el desarrollo temprano de ciertos órganos y órganos en estado adulto de organismos inferiores en el Sistema Natural. La ley del paralelismo ha terminado por conocerse también como Ley de Meckel-Serres (Jahn. 2002), aunque otras figuras destacadas de la época como **Friedrich Tiedermann** (1781-

1861), **Lorenz Oken** (1781-1833) o **Carl Friedrich Kielmeyer** (1795- 1844), influenciadas por la especulación idealista de la Naturphilosophie, desarrollaron importantes argumentaciones en apoyo de estas hipótesis. Este planteamiento por otro lado no disgustó a Geoffroy Saint-Hilaire por encajar en su idea del “plan único de organización de los animales” y se convirtió en una parte importante de su versión del Lamarckismo, fundamentando gran parte de sus desavenencias con Cuvier, ya que rechazaba la idea de los tipos no comparables. Los darwinistas como veremos más adelante, recogieron y adaptaron las premisas del paralelismo de acuerdo a sus supuestos.

Charles Robert Darwin (1809-1882) en su obras “Origin of Species” (1859) y “The descent of man” (1871) estableció la concepción evolucionista de los seres vivos. Demostró científicamente que las diversas formas de vida tienen un antecesor común y que las especies son inconstantes, alertando de la existencia de un mecanismo que regule su evolución, la selección natural. En base a esta teoría Darwin afianzó la idea de que las formas de organismos se pueden diversificar a partir de una inicial debido a la supervivencia de los más aptos en la lucha de los individuos por su existencia. Aunque Darwin hizo uso de criterios anatómicos en su trabajo, así con respecto a la evolución del hombre leemos en su libro: “... Al formar sobre este punto juicio relativo al hombre, debemos estudiar con algún detenimiento la clasificación de los simios. Esta ha sido dividida por casi todos los naturalistas en el grupo catarrino, o monos del antiguo continente, caracterizados como de su nombre se deduce, por la peculiar estructura de las ventanas de su nariz y tener cuatro premolares en cada maxilar… Ahora, bien, el hombre, sin género alguno de duda, por su dentadura, estructura de los orificios nasales y varios otros respectos, pertenece a la división de los catarrinos o del antiguo continente… Resulta, pues, por consecuencia, que el hombre es una rama del árbol simio del antiguo continente, y que desde el punto de vista genealógico se le debe colocar en el grupo catarrino”, sin embargo Darwin nunca estuvo demasiado preocupado por el estudio de la Morfología. Él fue más un Ecólogo, Etólogo e incluso Biogeógrafo que un Morfólogo, lo que puede explicar en cierta forma la reacción de la comunidad científica y necesidad de figuras que trasladasen y defendiesen el darwinismo, en un ambiente científico acostumbrado a abordar problemas biológicos a base de justificaciones anatómicas.

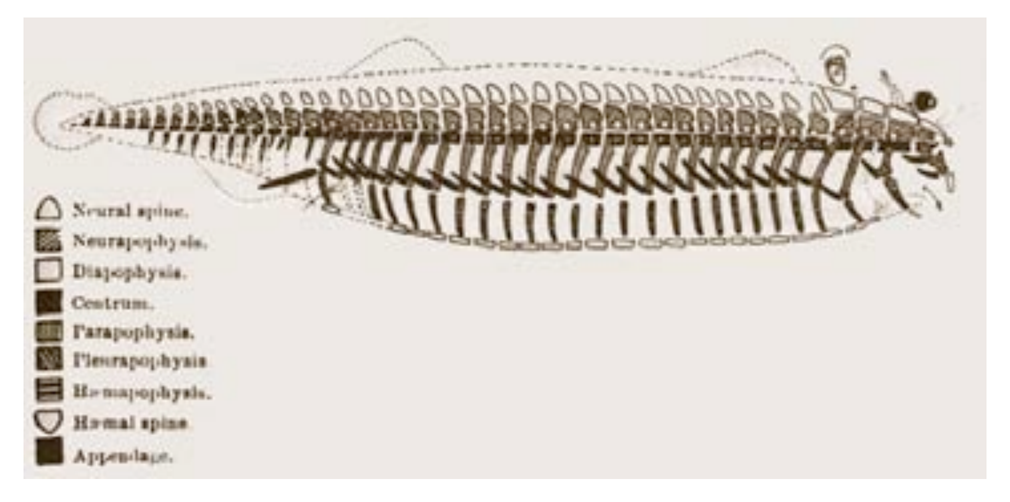
Thomas Henry Huxley (1825-1895) fue un defensor acérrimo del Darwinismo y quién más esfuerzo dedicó a introducir la relevancia de la Anatomía Comparada en el evolucionismo (Lyons. 2009). Este médico inglés después de unos trabajos pioneros sobre la anatomía y fisiología de los organismos hoy conocidos como cnidarios, inició su interés por el ser humano en una conferencia en la Royal Society de "*On the Theory of the Vertebrate Skull*" en 1858. En ella se oponía a la idea de que los huesos del cráneo y la columna vertebral eran homólogos, formándose el primero a partir de vértebras transformadas una opinión que mantuvieron científicos como Oken, Goethe, Burdin, Saint-Hilarie u Owen (Opitz. 2004). Huxley reacio a la aceptación de las teorías de Lamarck por insuficiente soporte científico, con la publicación del Origen de las Especies se convirtió en un ferviente defensor del Darwinismo y se preocupó por el estudio de los orígenes del Hombre. En su obra *" Evidence as to Man´s Place in Nature*" publicada en 1863 fue el primero en aplicar las teorías evolucionistas al cuerpo (Lyons. 2009). En ella aparece el famoso dibujo en referencia a la evolución del Hombre, comparando la anatomía de los esqueletos de otros simios. Huxley desacreditó las teorías de Richard Owen acerca de la distinta complejidad en los demás antropoides respecto al hombre en la circunvolución del hipocampo, mostrando que el lóbulo posterior, el asta posterior y el *hippocampus minor* eran caracteres comunes (Lyons. 2009).



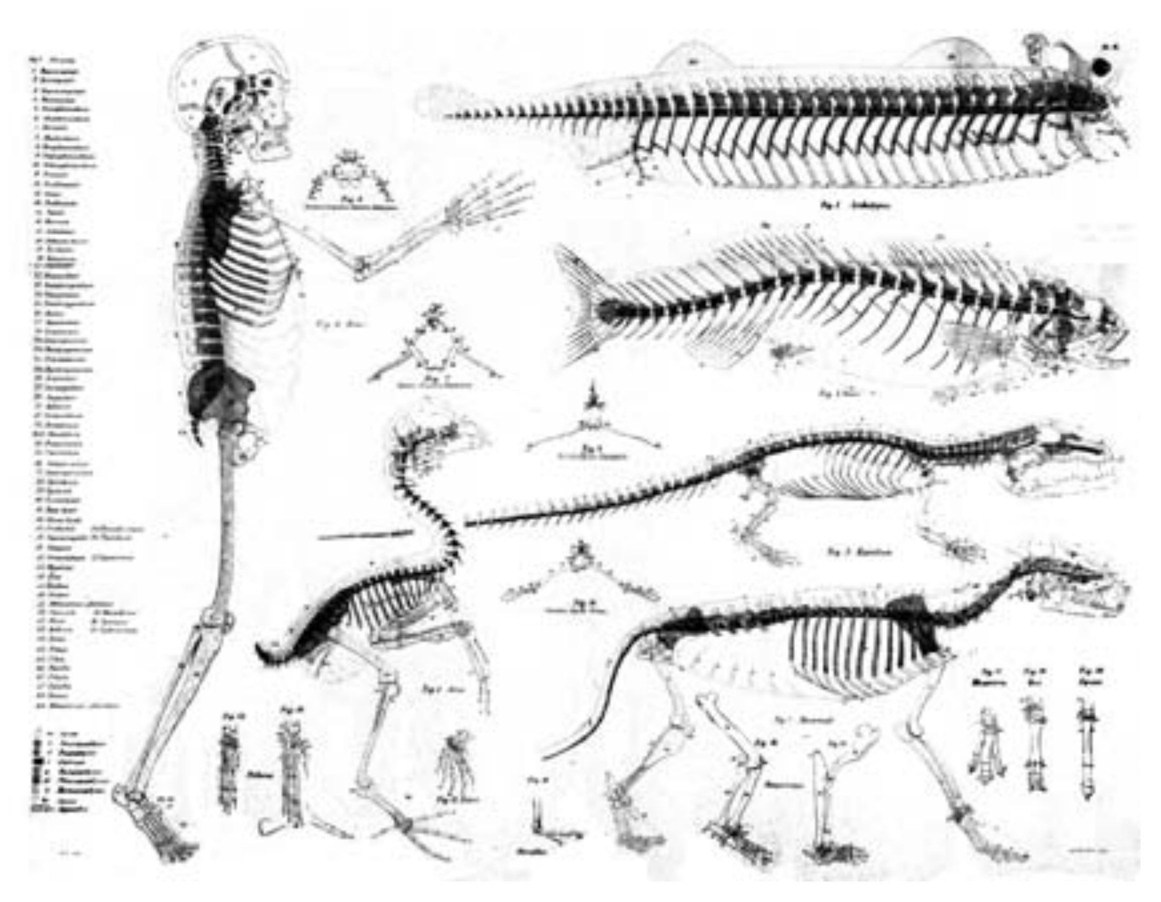
Photographically reduced from Diagrams of the natural size (except that of the Gibbon, which was twice as large as nature), drawn by Mr. Waterhouse Hawkins from specimens in the Museum of the Royal College of Surgeons.

Reproducción de la comparación por Henry Huxley del esqueleto humano con el de varios antropoides que aparece en el texto "*Evidence as to Man´s Place in Nature*"

Huxley mantuvo fuertes disputas con una figura controvertida de la época, aunque a pesar de todo la más relevante de la Anatomía Comparada en Gran Bretaña durante el siglo XIX. **Richard Owen** (1804-1892) mostró una oposición feroz y en ocasiones poco noble a las teorías de Darwin lo que quizá ha causado un oscurecimiento de la extraordinaria relevancia de su contribución. Así elabora una gran obra en el campo de la taxonomía y aún hoy en día siguen en uso muchos de los términos que él introdujo siendo formulador de conceptos básicos de la moderna Anatomía Comparada. Definió claramente el concepto de "Homología" tan importante en la Anatomía Comparada, e incluso distinguió entre tres tipos de homologías (especial, general y de series). Al darse cuenta en sus estudios que la misma función en especies diferentes podía realizarse por órganos de estructuras semejantes o totalmente diferentes, Owen definió como estructuras homólogas u homología en 1843 "el mismo órgano en animales distintos bajo cualquier tipo de forma o función". Lo distinguió claramente de la analogía que respondía a una mera semejanza funcional (Panchen. 1999).



Esquema ilustrativo del arquetipo común de los vertebrados de Owen



Desarrollando su vértebra ideal, Owen mostraba como la repetición de la vértebra y modificación de sus apófisis podía derivar en la construcción del esqueleto de varios tipos animales incluyendo el hombre. Tomado de Owen, R. (1848). *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton*. page 81 London, J. *Van Voorst.*

Owen fue más partidario de las teorías de Cuvier que de las de Saint-Hilairie ya que nunca admitió la existencia de un plan estructural único para todos los animales. Con sus estudios publicados en 1848 en su libro *"On the Archetype and Homologies of the Vertebrae Skeleton*" concluyó que debía existir un plan estructural común para todos los vertebrados del mismo modo que para cada clase de vertebrados. Fue este autor quien denominó este plan como "Arquetipo" (Rupke. 1993)

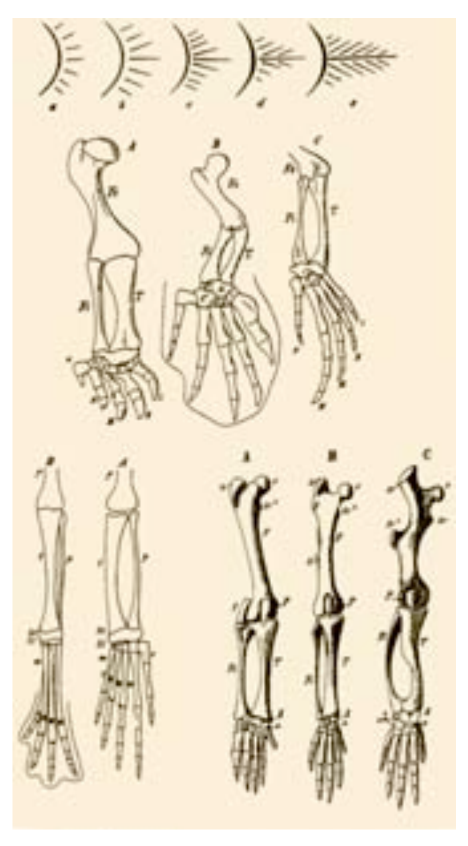
Karl Gegenbaur (1826-1903) anatomista alemán, fue otro ferviente partidario de la teoría de la evolución de Darwin y se preocupó de demostrar que la Anatomía Comparada la respalda. En su obra *"Grundriss der vergieichenden Anatomie*" (Elementos de Anatomía Comparada) publicada en 1859 antes del Origen de las especies, y sobre todo a partir de sus ulteriores ediciones, subraya las similitudes morfológicas entre distintos animales, especialmente entre estructuras homólogas o de un origen común (p. ej., brazo humano, pata equina,

ala de las aves) para escudriñar su historia evolutiva. La Anatomía Comparada Filogenética había alcanzado un gran desarrollo y Karl Gegenbaur fue el primero que se atrevió a encajar el cuerpo humano en esta doctrina, revolucionando los estudios anatómicos al introducir al hombre en la Anatomía Comparada, hasta tal punto que modificó la posición anatómica establecida por Vesalio, sustituyendo los ejes antero-posterior y supero-inferior por ventral-dorsal y antero-inferior respectivamente, aplicables a todos los animales, y estableciendo como planos básicos el dorsal, ventral y mediano ("Medianebene"). Hasta Gegenbaur el estudio del cuerpo Humano seguía restringido en grandes rasgos a una descriptiva prácticamente Vesaliana, derivando también en esos momentos hacia una Anatomía Clínica.

Igualmente Gegenbaur fue un defensor de la importancia del estudio de la embriología para el conocimiento de la evolución, basándose en la anatomía comparada de los órganos homólogos. Ciertamente se puede considerar a Gegenbaur como fundador de la Anatomía comparada evolucionista. En su obra "*Lehrbuch der Anatomie des Menschen*" publicada en 1883 establece el canon de la morfología evolucionista del cuerpo humano, expandiendo como hemos mencionado la idea descriptiva de lo anatómico. Para Gegenbaur unas especies proceden de las otras, y planteaba el análisis de las homologías como fruto de la descendencia. Mantenía que los órganos son definidos en su forma definitiva como resultado de una evolutiva progresión morfológica y explicaba la presencia de órganos rudimentarios, anomalías y en general la teratología como vestigios de organizaciones biológicas filogenéticamente inferiores al hombre, lo cual le aproximaba a las hipótesis del paralelismo o la ley biogenética de su amigo Haeckel, aunque nunca llegó a cometer los excesos de este (Laubichler M.D., Maienschein J. 2003).

Una de las hipótesis más representativas del pensamiento de Gegenbaur es la hipótesis del "Archipterygium". Está desarrollada en sus estudios comparativos del esqueleto de vertebrados que aparecieron recogidos en los tres volúmenes de su obra "*Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wilbeltiere*" (1864-1872). El Archipterygium es un modelo de extremidad primordial que procedería del aparato branquial a partir de la cual Gegenbaur aspiraba a reproducir las modificaciones producidas en evolución de las extremidades a lo largo de la

escala filogenética, desde las aletas de los peces hasta las extremidades de los mamíferos. Intentó refrendar esta teoría comparando huesos de distintos animales, especialmente comparando el aparato escapular, carpo y el tarso de distintos vertebrados y estudiando las aletas torácicas de los peces.



Homodinamia del “archipteryum” con los arcos germinales de los selacios, y comparación del esqueleto de las extremidades inferiores de varias especies de reptiles aves y mamíferos. Esquemas de Carl Gegenbaur tomados de “La anatomía comparada antes del Darwinismo” de ediciones Akal

Con Gegenbaur la imagen estática del cuerpo humano se dinamizó al ser entendida su estructura desde un punto de vista doble, su procedencia filogenética y su desarrollo embrionario.

La Anatomía Evolutiva Ontogénica supone uno de los grandes avances del modelo explicativo genético al plantearse la comprensión de las formas a través de su historia inmediata, en virtud del estudio de su desarrollo embrionario. La consciencia de concepción sexual y desarrollo embrionario es quizás más antigua de lo que piensa. Así según Moore existe un documento escrito en hindú, el Garbha Upanishad que data del año 1416 a.C. y posiblemente es el más antiguo de la embriología, que esboza pensamientos acerca del embrión y comenta: "Por la conjugación de sangre y semen el embrión obtiene su existencia.

Durante el periodo favorable para la concepción, después del coito, (él) se convierte en un Kalada (un embrión de un día de edad). Tras permanecer siete noches se transforma en una vesícula. En una quincena, se transforma en una masa esférica. Transcurrido un mes, se constituye en una masa firme. Después de dos meses, se forma la cabeza. A los tres meses aparecen las regiones de los miembros".

En la Grecia Clásica hubo bastantes contribuciones aunque muy poco más se avanzó después en el estudio de la embriología, siendo un periodo bastante pobre en este aspecto la edad media y hasta mediados del siglo XVIII. Los primeros estudios en embriología son registrados en escritos de **Hipócrates de Cos** (460-377 a.C.), donde para entender el desarrollo del embrión humano, utiliza huevos de gallina abriendo el cascarón a distintos tiempos, admitiendo que es posible relacionar la naturaleza del ave con la del hombre. **Aristóteles** (384-322 a.C.) escribió el primer auténtico tratado de embriología "*De Generatione Animalium*" basándose en sus observaciones directas pero en muchas ocasiones dejándose llevar en sus interpretaciones, derivando a concepciones erróneas o superficiales. Esto sin duda, en cierta forma debido a la carencia de medios técnicos de la época y a su influencia de un pensamiento animista y finalista. Entre sus errores se encuentra el creer en la generación espontánea. En cualquier caso su trabajo estuvo dirigido hacia la observación, y fue el primero en cuestionarse si el embrión estaba preformado en el huevo teniendo tan sólo que aumentar su masa posteriormente (**preformación**) o si por contra se estructuraba de manera ordenada y secuencial desde una masa homogénea de origen (**epigénesis**). Lo que llegó hasta nuestros días es que Aristóteles se decantó por esta segunda interpretación: "... algunas partes son vistas claramente en el embrión mientras otras no lo son. Y no logramos observarlas no porque sean muy pequeñas; así el pulmón es más grande que el corazón y este hace su aparición más tarde en el proceso original de formación" (Van Speybroeck, et al. 2002)

Sin embargo la controversia entre epigénesis y preformación duraría siglos y de hecho como hemos dicho, el saber embriológico experimentó un pobre desarrollo hasta finales del siglo XVII mitad del XVIII donde se establecieron corrientes en los dos sentidos, teniendo mayor aceptación inicialmente la preformacionista. En una visión que encajaba más con la consciencia religiosa de

la época, los autores pensaban que todo estaba ya establecido de manera invisible y muy empaquetado en el huevo evitando su observación hasta que con su crecimiento en el embrión se desplegaban y adquirían grosor a la vez que visibilidad.



"*De Formato Foetu*" de Fabrizi d´Acupendente

William Harvey (1578-1657) estudió la embriogénesis del pollo y de animales vivíparos como el ciervo, permitiéndole poner en tela de juicio muchos aspectos de las teorías clásicas acerca del desarrollo embrionario. Fue discípulo de Frabrizzi D´Acquapendente y su trabajo se inspiró mucho en las ideas de su maestro, por ello algunos autores consideran a este último como el padre de la embriología moderna en virtud a sus publicaciones "De Formato Foetu" en 1600 y "De Formatione oui, et pulli" en 1627. Sin embargo hacía más énfasis en la anatomía de los embriones que en los procesos del desarrollo en su trabajo.

Tras muchos años de investigación que se iniciaron con la intención de aportar pruebas científicas que soportasen la hipótesis epigenética de Aristóteles, Harvey publicó en 1651 "*Exercitationes de generatione Animalium*". En sus trabajos basados en análisis sistemáticos del desarrollo del embrión de pollo y en úteros gravídicos de ciervos, llegó a la conclusión de que la generación de un nuevo individuo tiene lugar por adicción gradual de partes, realizándose de una

manera progresiva. Fue por tanto el primero en acuñar el término epigénesis a esta hipótesis esbozada por Aristóteles. Sin embargo se dio cuenta en sus estudios sobre el ciervo que era incapaz de encontrar embrión alguno en el útero hasta pasadas seis semanas del acto sexual. Para Harvey esto contradecía la hipótesis de Aristóteles que mantenía que el embrión se generaba en dicho acto cuando, tras el contacto estimulador del "principio generador" masculino sobre la "sustancia formadora" femenina se forma el embrión por un fenómeno de coagulación en el útero (Van Speybroeck, et al. 2002). A este respecto hemos de decir que Harvey fue el primero en hablar de "huevo", aseverando que todo ser vivo tenía que formarse a partir de uno de ellos. Pero, al igual que ocurrió con sus descubrimientos circulatorios, su doctrina embriológica tampoco fue aceptada inicialmente hasta bien entrado el siglo XVIII.



Detalle de la portada del texto "*Exercitationes de generatione Animaliumde*" de William Harvey

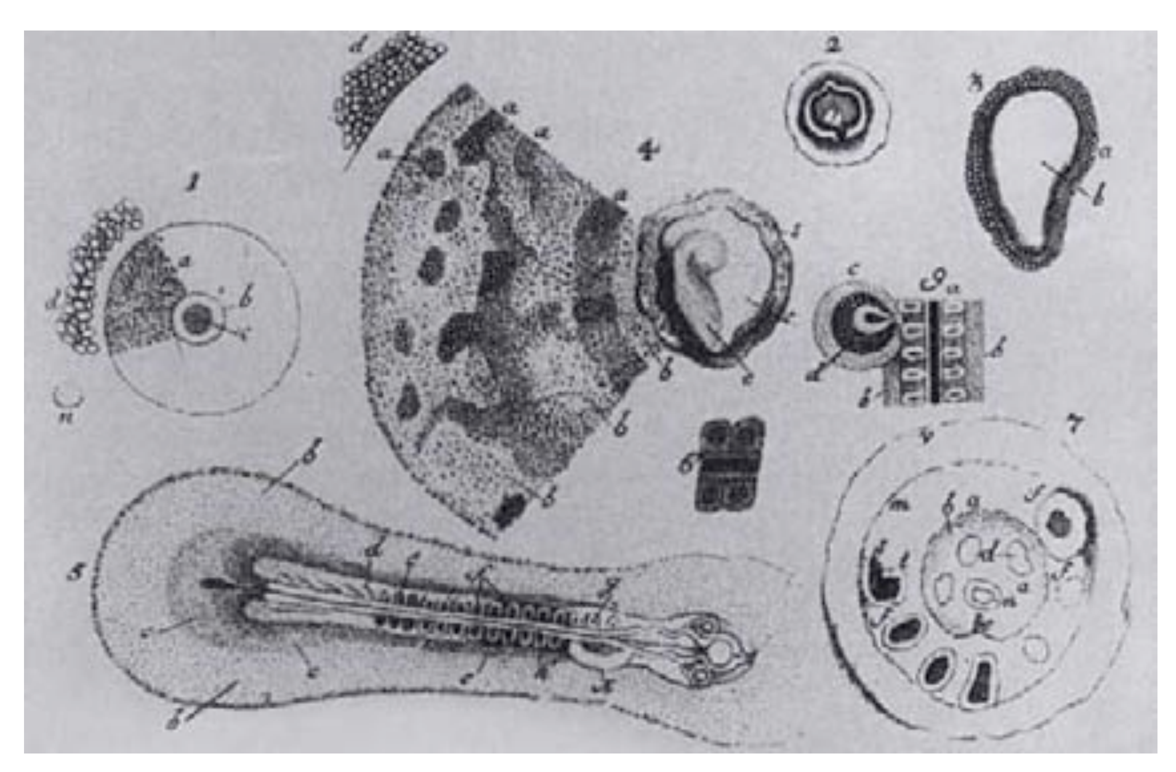
Durante el siglo XVII dos investigadores holandeses que residieron en la misma ciudad, Delf, **Reinier de Graaf** (1641-1673) y **Antoine van Leeuwenhoek** (1632-1723) gracias al avance de la microscopía describían el folículo ovárico y los espermatozoides respectivamente. Graaf estudió ovarios de distintos mamíferos incluyendo al ser humano y refiriéndose ya a las gónadas femeninas con el nombre de ovario, describió los cambios morfológicos de los ovarios a lo largo del ciclo y publicó sus descubrimientos en 1672 en la obra "*De mulierum organis generationi inservientibus*" (Van Speybroeck, et al. 2002). No obstante, asumió que el folículo era expulsado como tal a las trompas de Falopio sin percatarse de la rotura del mismo. No sería hasta bastante después, en 1827 en

la obra "*Ovi Mammalium et Hominis genesi*", cuando el embriólogo germano-ruso von Baer descubrió el óvulo en el ovario mamífero y empezó a desentrañar el misterio de cómo se conciben los seres humanos (Van Speybroeck, et al. 2002). Por otro lado, en 1677 Leeuwenhoek describió la presencia de los espermatozoides en el líquido seminal, que denominó “animaculus espermaticus”, y de los cuales se limitó a desarrollar un descripción exhaustiva (Van Speybroeck, et al. 2002).

Autores reputados de la época como **René Antoine Ferchault de Reaumur** (1683–1757), **Albrecht von Haller** (1708–1777), **Charles Bonnet** (1720–1793) o **Lazzaro Spallanzani** (1729–1799) desarrollaban sus investigaciones en la idea del preformismo, intentando incorporar el espermatozoide y el óvulo a sus teorías. Se dividieron en ovistas que consideraban que el individuo preformado residía en el óvulo y animaculistas que ubicaban éste en el espermatozoide. Así los estudios de Bonnet sobre la partenogénesis de los afididos (pulgones), que son capaces de reproducirse asexualmente desarrollando individuos hembra genéticamente idénticos a la madre en su ovario, y generando únicamente machos en una época determinada del año, le llevaron a sugerir que todo ser humano viviente se encontraba ya alojado en el ovario primigenio de Eva (Van Speybroeck, et al. 2002; Hedges. 2007). Segun Gilbert, las preconcepciones en este campo eran tales que incluso el gran fisiólogo italiano Spallanzani que fue el primero en conseguir en el laboratorio la fecundación de huevos de sapo, propuso que el esperma era únicamente el líquido nutritivo que servía de estímulo para el desarrollo del ser preformado en el ovulo. Llegó incluso a percatarse de que tras filtrar el semen donde quedaban retenidos los espermatozoides, éste era incapaz de estimular al óvulo, pero interpretó que la sustancia estimuladora quedaría retenida en el proceso junto con los espermatozoides. Por otro lado autores como el **Nicolas Hartsoecker** (1656-1725), tras la observación de espermatozoides en el microscopio se atrevió a esbozar la teoría “homunculus”, proponiendo la presencia de un pequeño ser preformado en el interior del espermatozoide masculino en su “*Essai de dioptrique*” publicado en 1694. Otro defensor ilustre de la teoría animaculista fue **Herman Boerhaave** (1668-1738).

No tardaron en surgir en este período también defensores de la teoría epigenética entre los que destaca **Kaspar Friedrich Wolff** (1734-1793). Este embriólogo alemán expone en sus obras "*Theoria generationis*" y *"De Formatione intestinorum*" que, basándose en sus investigaciones sobre el desarrollo de pollo, el embrión se forma a partir de una estructura granular (probablemente haciendo referencia a las células), cuyos procesos morfogenéticos posteriores se guiarían por una "fuerza esencial" (*vis essentialis*) que moldearía la materia formando primero capas (las capas germinales) que después se plegarían y engrosarían diferencialmente generando tubos y pliegues que terminarían constituyendo el cuerpo embrión (Schmitt. 2005). Por supuesto estas observaciones no gustaron a los preformacionistas siendo particularmente criticadas por Albrecht von Haller (Van Speybroeck, et al. 2002).

La época dorada de la embriología descriptiva y la refutación de la teoría preformacionista llega a principios del siglo XIX con los trabajos de tres amigos de formación alemana, **Heinz Christian Pander** (1794-1865), **Martin Heindrik Rathke** (1793-1860) y especialmente **Karl Reinhold Ernst von Baer** (1792-1876), quienes algunos consideran realmente los padres fundadores de la embriología moderna. Pander con sus estudios del embrión de pollo describió las tres capas germinales, pero además se dio cuenta de que las distintas capas interaccionaban de alguna manera y que su desarrollo sería anómalo sin la influencia de la otras. Estaba describiendo lo que hoy en día conocemos con el nombre de inducción (Schmitt. 2005). Rathke estudió embriones de peces, anfibios, aves y mamíferos siendo el primero en describir las hendiduras y arcos branquiales en ellos, dedicándose a continuación a establecer su homología en los distintos vertebrados. Sus extraordinarias dotes de observación le llevaron al desarrollo de trabajos espectaculares de embriología comparada.



Esquemas de diversas partes del huevo incubado observadas por Wolff con el microscopio tal como las plasma en "*Theoria generationis*".

Como hemos mencionado previamente von Baer descubrió el óvulo de mamíferos en su trabajo "*De Ovi Mammalium et Hominis genesi*" publicado en 1827 y presentó su desarrollo confirmando que los mamíferos proceden igualmente de "huevos". En su obra "*Über Entwickelungsgeschichte der Tiere*" estudió las capas germinales descritas por Wolff y Pander, en distintas especies siendo quizá con esto el fundador de la embriología comparada. De sus estudios en el pollo y sus comparaciones con otros embriones vertebrados von Baer obtuvo una concepción del desarrollo embrionario y en definitiva de la sistemática animal arborescente o ramificada y no seriada. Con ello se oponía radicalmente a la ley del paralelismo que tomaba fuerza en esa época, apoyándose en gran medida en el Lamarckismo.

Para von Baer la divergencia entre los animales se produce de manera progresiva a partir de estadios homogéneos en los grandes grupos que se va diversificando hasta las especies. Las cuatro leyes de von Baer se establecieron en gran medida para desmontar la teoría del paralelismo (Gilbert. 2003) argumentando:

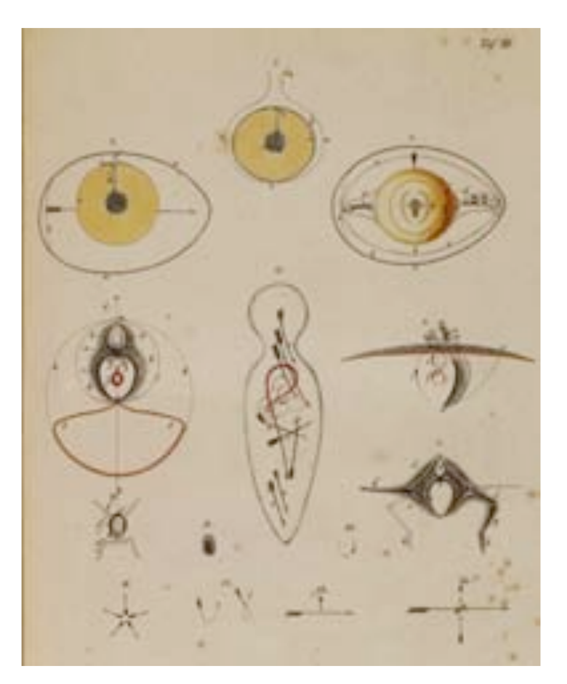
1 Los caracteres generales de un amplio grupo al que pertenece un embrión concreto aparecen en el desarrollo antes que los caracteres específicos de su

especie.

2 Las relaciones estructurales específicas se forman después de las genéricas. Los caracteres menos generales se desarrollan a partir de los más generales hasta que finalmente aparecen los específicos.

3 El embrión no pasa por estadios adultos de organismos inferiores pertenecientes a otras formas específicas sino que se separa de ellas.

4 El embrión inicial de una forma animal nunca se asemejará al adulto de otra forma animal inferior sino a su embrión.



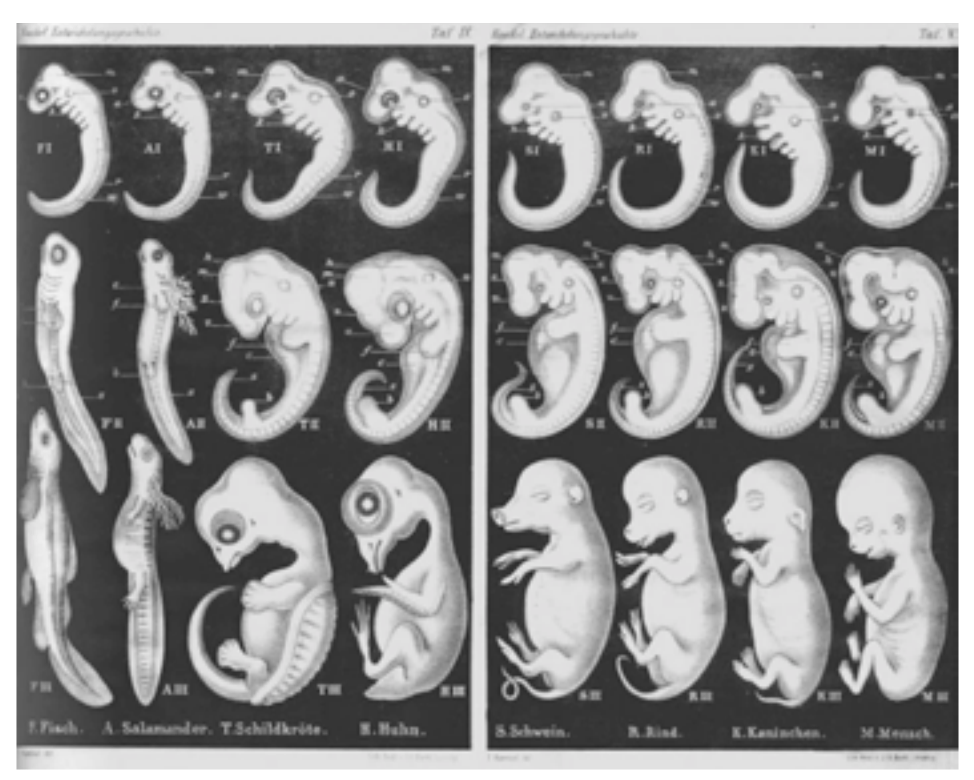
Esquemas extraídos de las anotaciones de von Baer en uno de sus trabajos. Fuente: University of Cambridge.

Tras la elaboración de las leyes de von Baer los embriólogos se han afanado en clasificar sistemáticamente el desarrollo de los animales, como resultado de amplias investigaciones formando gran parte del grueso de lo que constituye la Anatomía Comparada. Sin embargo, incluyendo el propio von Baer, pocos autores veían con buenos ojos la teoría evolucionista de Darwin. Quizá porque entre sus defensores apareció **Ernst Heinrich Philipp August Haeckel** (1834-1919), responsable de la conocida como **Ley biogenética de Müller-Haeckel** heredera del paralelismo que tanto se afanó en desmontar entre otros von Baer.

Haeckel fue asistente de Karl Gengenbaur y discípulo de **Johannes Müller** (1801-1858). Popularizó los trabajos de Darwin siendo uno de los grandes responsables de la integración de la Anatomía y la Embriología en la teoría de la

evolución. Dividió las ciencias de la morfología en Anatomía y Morfogenia. Esta última la definió compuesta por dos vertientes, la ontogenia que estudia la historia del desarrollo del individuo y la filogenia que estudia la historia de la evolución de las especies.

Müller se incluía en la corriente del paralelismo y veía al ser humano como el último eslabón en la cadena infinita del desarrollo evolutivo (Sander, Schmidt-Ott. 2004). Finalmente Haeckel tomó las ideas de Müller y las desarrolló en lo que se dio a conocer como la "Ley Biogenética de Müller-Haeckel" o "**Ley de la Recapitulación**" (Richardson, Keuck. 2002; Gilbert. 2003). Esta ley se puede resumir en la frase "La ontogenia reproduce la filogenia" lo que asume que durante el desarrollo embrionario de organismos superiores se generan formas adultas de organismos inferiores. Haeckel ilustró su teoría con unos famosos y controvertidos dibujos con el objeto de comparar distintas especies. En ellos se le acuso de exagerar los caracteres que le eran de interés (Richardson, Keuck. 2002).



La imagen refleja ocho especies comparadas en tres estadios diferentes del desarrollo. De izquierda a derecha encontramos pez, salamandra, tortuga pollo, cerdo, vaca, conejo y humano. Las figura contiene los paneles IV y V de la obra "*Anthropogenie*" de Haeckel publicada en 1874. En la figura podemos detectar errores, así por ejemplo nótese como en la imagen HII o TII la extremidad superior parece originarse a partir de la porción más caudal de los arcos branquiales. Tomado de *Biol. Rev. 77 (2002):495-528.*

Entre los que terminaron de refutar lo erróneo de las hipótesis de Haeckel encontramos a **Walter Garstang** (1868-1949), que analizando la embriología de organismos como los crustáceos concluyó como ya describió von Baer, que la embriología de un individuo reproduce la de sus antepasados y no recapitula las formas adultas de la historia evolutiva. Siguiendo la embriología de los individuos podemos hallar los puntos en los que emerge la divergencia entre especies.

Las teorías epigenéticas de Wolff impulsaron a **Wilhelm Roux** (1850-1924) al estudio de las potencialidades de las células del embrión inicial de la rana común dando paso a la generación de una embriología experimental o como él mismo denominó Mecánica del Desarrollo (Hamburger. 1997; Van Speybroeck, et al. 2002). Autores relevantes de en la etapa inicial de esta doctrina son también His, Chabry, Driesch, Endres o Spemann.

La aplicación de nuevas técnicas y conceptos al desarrollo embrionario llevaron al nacimiento durante el siglo XX de la Embriología Química y la Embriología Molecular. Un resumen ilustrativo del trabajo desarrollado dentro de la embriología Química en el estudio de los componentes químicos de huevo a lo largo de su desarrollo lo tenemos en la obra "Chemical Embryology" de Joseph Needhan. La embriología Química se ha diversificado en función al auge sufrido a partir de esta obra en ramas como embriología química comparada, embriología química descriptiva o embriología química experimental. El inmenso auge durante el siglo XX de las técnicas de biología molecular y su aplicación a la embriología experimental dio lugar al Nacimiento de la Embriología Molecular, que pretende el enigma de la diferenciación embrionaria. Autores especialmente señalados en el nacimiento de esta rama de la embriología son J. Brachet y H. Denis.

b) Modelo Deductivo

Aplicado a la Anatomía este modelo se nutre de técnicas inductivo-deductivas para responder al por qué de las formas. La rama de la morfología que se sirve de este modelo es la **Morfología Experimental o Morfología Causal** complementando a la perfección los demás modelos de estudio, siendo quizá éste el más riguroso y estructurado. En la Morfología Experimental o Causal se engloba todo estudio experimental dirigido al entendimiento de las causas que generan y mantienen las formas.

Whilhelm Roux puede considerarse el iniciador de esta doctrina, ya que entendía la Mecánica del Desarrollo referida con anterioridad, como una rama de la morfología orientada al conocimiento de la causas del origen, conservación e involución de las formas, es decir, la doctrina de las causas de las formas de los seres vivos. Roux se planteó tratar en sus estudios a la Morfología como una ciencia exacta, intentando descifrar los procesos mecánicos que subyacen a la generación de las formas. Sus experimentos en el embrión de dos células de anfibios, en los que tras extirpar una de ellas, observó que la que quedaba daba lugar a un embrión, le llevó a establecer la hipótesis del un desarrollo en mosaico de los vertebrados. Cada célula se desarrolla de manera independiente siendo el individuo final un plan integrado del desarrollo parcial de cada una de sus células. Aunque tal afirmación se comprobó ser errónea, la relevancia del trabajo de Roux fue su concepción de los estudios morfológicos y la mecánica en sus experimentaciones, sentando precedentes en investigadores coetáneos y posteriores.

Hans Driesch (1867-1941) trabajando en el embrión de erizo de mar se dio cuenta de que separando los blastómeros iniciales éstos eran capaces de generar un individuo independiente perfectamente estructurado aunque de un tamaño menor al normal. La labor de Driesch ha sido muy importante en el futuro de los estudios embriológicos ya que distinguió y definió dos conceptos clave, el de **significación prospectiva** haciendo referencia al destino de una célula y el de **potencia prospectiva**, que es la capacidad de formar otras estructuras independientemente del destino natural que presente. Para Driesch el desarrollo es un proceso regulado, ya que la capacidad o potencialidad de las células es mucho mayor que la de su deriva final. Contradice con sus deducciones a Roux, ya que sugiere la relevancia de factores epigenéticos que modulen el destino de las células en un embrión, como por ejemplo su posición su ubicación en el contexto del embrión. Por tanto existe un principio modulador que regule la integridad de la forma normal del embrión modulando las potencialidades de sus células, y en virtud a un gran vitalismo identificó este agente modulador con un elemento inmaterial “entelequia” controlador de la morfogénesis.

Una de las figura más relevantes de la embriología experimental fue **Hans Speman** (1869-1941). Sus estudios del desarrollo temprano de la gástrula de

anfibios le valieron la obtención del premio Nobel de medicina en 1935. Estudió la significación prospectiva de las distintas regiones de la gástrula de anfibios definiendo conceptos fundamentales como **autodiferenciación** y **diferenciación dependiente** y técnicas han sido y son ampliamente utilizadas por los investigadores del desarrollo. Su trabajo sin lugar a dudas más relevante, desarrollado junto con su estudiante de doctorado **Hilde Mangold** (1898-1924), fue la determinación del labio dorsal del blastoporo como **centro organizador** del desarrollo asentando el concepto de **inducción embrionaria**.

Hoy en día la embriología descriptiva clásica y la morfología experimental ha sido englobada junto con la embriología química, genética y molecular en lo que conocemos como la Biología del Desarrollo, disciplina de gran auge durante el último cuarto del siglo XX y en la actualidad. El dominio de técnicas bioquímicas, moleculares y genéticas ha permitido la generación y el estudio de animales modificados que nos están permitiendo descifrar los mecanismos del desarrollo macroscópicamente, microscópicamente e incluso ultraestructuralmente. La identificación en síndromes humanos de sus bases genéticas y estos estudios en animales está permitiendo igualmente encontrar las bases del substrato morfológico de sus alteraciones en incluso de la, en otros tiempos mística, teratología. Igualmente el avance en esta disciplina ha hecho factible el estudio de las células madre como herramienta terapéutica más prometedora para el siglo que acabamos de comenzar. Curiosamente uno de los mayores problemas que presenta esta estrategia de terapia celular, no es solamente la regulación de su potencial diferenciador, si no sobre todo el control de su capacidad morfogenética. Hoy en día es fácil diferenciar células madre hacia un tipo celular en el laboratorio lo que puede ser y es útil para reparar daños pero hay mucho que trabajar aún para fabricar órganos morfológicamente apropiados para un paciente en concreto. Probablemente en las cuestiones que se plantea y trabaja la Biología del Desarrollo se encuentren las soluciones a este problema.

c) Modelo teleológico

Complementa perfectamente a los demás modelos explicativos y el marco en el que se encuentra su desarrollo es en el de la explicación práctica de las formas. Trata de responder al ¿para qué? de las formas considerando cada una

de las partes del individuo como componentes de un todo con una función concreta en el mantenimiento o comportamiento global del sistema en el espacio y en el tiempo.

El estudio de la utilidad de las formas puede abarcarse desde dos disciplinas diferentes en función de a lo que respondan éstas. Así la **Anatomía Funcional** busca la explicación de las formas desde un concepto funcional más fisiológico, mientras que las **Anatomía Fisiognómica** busca la explicación de formas que hacen referencia al mundo interno del individuo, formas que expresen la intimidad del mismo en su relación con el mundo que le rodea.

La explicación de una forma para la Anatomía Funcional se consigue cuando se consiguen establecer las claves que hacen indispensable una figura y una estructura en un órgano concreto para su correcto funcionamiento. El padre de la Anatomía Funcional fue Wilhelm Roux que en sus estudios del desarrollo de embriones de anfibios pone de manifiesto la sumisión que existe en el desarrollo de las formas por y para desarrollar una función. Esta adaptación funcional de las formas le llevo a establecer el concepto de **estructura funcional** como aquella estructura que con la mínima cantidad de material posible lleva a cabo con eficiencia una función. Roux se percató en sus estudios de la existencia de **formas afuncionales** que son justamente los que van a interesar a la morfología fisiognómica. Los conceptos establecidos por Roux acerca de la Anatomía Funcional fueron posteriormente desarrollados por autores como A. Benninghoff que fue el primero en utilizar el término de Anatomía Funcional. Tanto este autor como H. Braus elaboraron sus tratados de Anatomía siguiendo criterios puramente funcionales.

Dentro de la Anatomía Fisiognómica se comprenden aspectos de la forma que no tiene una función definida en el aspecto fisiológico de la palabra pero que sin embargo se le encuentra utilidad en la expresión de la intimidad del individuo con respecto a sus relaciones con el medio y su sociedad. Esta rama de la morfología ocupa un papel fundamental en la Etología, doctrina que se ocupa del estudio del comportamiento de los seres vivos.

4 BIBLIOGRAFÍA.

Acar, F., Naderi, S., Guvencer, M., Ture, U., Arda, M.N., 2005. Herophilus of Chalcedon: A Pioneer in Neuroscience. Neurosurgery 4, 861-7; discussion 861-7.

Apple, T.A., 1987. The Cucvier-Geoffroy Debate: French Biology in the Decades Before Darwin. Oxford University Press, New York.

Apuzzo, M.L., Wang, M.Y., Hansen, B., Skiba, J., Berry, C., Levy, M.L., 2002. Honored Guest Presentation: The Legacy of Galen of Pergamon. the Neurosurgeon in the Arena of Sport. Clin. Neurosurg. 333-370.

Apuzzo, M.L., 2000. The Legacy of Galen of Pergamon. Neurosurgery 3, 545.

Balter, M., 2000. Genetics. was Lamarck just a Little Bit Right? Science 5463, 38.

Castiglioni, A., 1943. Andreas Vesalius: Professor at the Medical School of Padua. Bull. N. Y. Acad. Med. 11, 766-777.

Chernoff, Y.O., 2001. Mutation Processes at the Protein Level: Is Lamarck Back? Mutat. Res. 1, 39-64.

Crivellato, E., Ribatti, D., 2007a. A Portrait of Aristotle as an Anatomist: Historical Article. Clin. Anat. 5, 447-485.

Crivellato, E., Ribatti, D., 2007b. Soul, Mind, Brain: Greek Philosophy and the Birth of Neuroscience. Brain Res. Bull. 4, 327-336.

Crivellato, E., Ribatti, D., 2006. Mondino De' Liuzzi and His Anothomia: A Milestone in the Development of Modern Anatomy. Clin. Anat. 7, 581-587.

Dunn, P.M., 2003. Galen (AD 129-200) of Pergamun: Anatomist and Experimental Physiologist. Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed. 5, F441-3.

Feldman, R.P., Goodrich, J.T., 1999. The Edwin Smith Surgical Papyrus. Childs Nerv. Syst. 6-7, 281-284.

Gilbert, S.F., 2003. The Morphogenesis of Evolutionary Developmental Biology. Int. J. Dev. Biol. 7-8, 467-477.

Gordetsky, J., O'Brien, J., 2009. Urology and the Scientific Method in Ancient Egypt. Urology 3, 476-479.

Goss, C.M., Chodkowski, E.G., 1984. "on Bones for Beginners" by Galen of Pergamon: A Translation with Commentary. Am. J. Anat. 1, 59-74.

Haas, L.F., 1999. Papyrus of Ebers and Smith. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. 5, 578.

Hall, B.K., 2007. Homoplasy and Homology: Dichotomy Or Continuum? J. Hum. Evol. 5, 473-479.

Hall, B.K., 2003. Descent with Modification: The Unity Underlying Homology and Homoplasy as seen through an Analysis of Development and Evolution. Biol. Rev. Camb. Philos. Soc. 3, 409-433.

Hamburger, V., 1997. Wilhelm Roux: Visionary with a Blind Spot. J. Hist. Biol. 2, 229-238.

Hedges, T.R.,Jr, 2007. Charles Bonnet, His Life, and His Syndrome. Surv. Ophthalmol. 1, 111-114.

Holomanova, A., Ivanova, A., Brucknerova, I., Benuska, J., 2001. Andreas Vesalius--the Reformer of Anatomy. Bratisl. Lek. Listy 1, 48-54.

Humphries, P., 2007. Blind Ambition: Geoffroy St-Hilaire's Theory of Everything. Endeavour 4, 134-139.

Jahn, I., 2002. The "Meckel-Serres Statute", its Origin and Relation to Evolutionary Theories of the 19th Century]. Ann. Anat. 6, 509-517.

Laubichler M.D., Maienschein J., 2003. Ontogeny, Anatomy, and the Problem of Homology: Carl Gegenbaur and the American Tradition of Cell Lineage Studies. Thr Biosci 2-3, 194-203.

Lovejoy, A.O., 1936. The Great Chain of Being. Harvard University Press., Cambridge M.A.

Lynnerup, N., 2007. Mummies. Am. J. Phys. Anthropol. 162-190.

Lyons, S.L., 2009. Evolution and Education: Lessons from Thomas Huxley. Sci. & Educ. 1-15.

Mehta, L., 2000. Ethical Basis for Charging Medical Fees. Issues Med. Ethics 2, 49-50.

Opitz, J.M., 2004. Goethe's Bone and the Beginnings of Morphology. Am. J. Med. Genet. A. 1, 1-8.

Panchen, A.L., 2001. Etienne Geoffroy St.-Hilaire: Father of "Evo-Devo"? Evol. Dev. 1, 41-46.

Panchen, A.L., 1999. Homology--History of a Concept. Novartis Found. Symp. 5-18; discussion 18-23.

Richardson, M.K., Keuck, G., 2002. Haeckel's ABC of Evolution and Development. Biol. Rev. Camb. Philos. Soc. 4, 495-528.

Rupke, N.A., 1993. Richard Owen's Vertebrate Archetype. Isis 2, 231-251.

Russell E. S., 1982. Form and Function. A contribution to the History of Animal Morphology. Chicago University Press, Chicago.

Sander, K., Schmidt-Ott, U., 2004. Evo-Devo Aspects of Classical and Molecular Data in a Historical Perspective. J. Exp. Zool. B. Mol. Dev. Evol. 1, 69-91.

Schmitt, S., 2005. From Eggs to Fossils: Epigenesis and Transformation of Species in Pander's Biology. Int. J. Dev. Biol. 1, 1-8.

Shoja, M.M., Tubbs, R.S., Loukas, M., Ardalan, M.R., 2008a. The Aristotelian Account of "Heart and Veins". Int. J. Cardiol. 3, 304-310.

Shoja, M.M., Tubbs, R.S., Loukas, M., Shokouhi, G., Ardalan, M.R., 2008b. Marie-Francois Xavier Bichat (1771-1802) and His Contributions to the Foundations of Pathological Anatomy and Modern Medicine. Ann. Anat. 5, 413-420.

Smith, S.B., Macchi, V., Parenti, A., De Caro, R., 2004. Hieronymus [Corrected] Fabricius Ab Acquapendente (1533-1619). Clin. Anat. 7, 540-543.

Spiegel, A.D., Springer, C.R., 1997. Babylonian Medicine, Managed Care and Codex Hammurabi, Circa 1700 B.C. J. Community Health 1, 69-89.

Todman, D., 2007. Galen (129-199). J. Neurol. 7, 975-976.

Tomey, M.I., Komotar, R.J., Mocco, J., 2007. Herophilus, Erasistratus, Aretaeus, and Galen: Ancient Roots of the Bell-Magendie Law. Neurosurg. Focus. 1, E12.

Tsafrir, J., Ohry, A., 2001. Medical Illustration: From Caves to Cyberspace. Health. Info Libr. J. 2, 99-109.

Van Speybroeck, L., De Waele, D., Van de Vijver, G., 2002. Theories in Early Embryology: Close Connections between Epigenesis, Preformationism, and Self-Organization. Ann. N. Y. Acad. Sci. 7-49.

Wheelis, M., 2007. Darwin: Not the First to Sketch a Tree. Science 5812, 597.

Yapijakis, C., 2009. Hippocrates of Kos, the Father of Clinical Medicine, and Asclepiades of Bithynia, the Father of Molecular Medicine. Review. In Vivo 4, 507-514.